INSTITUUT VOOR PLANTENZIEKTENKUNDIG ONDERZOEK
WAGENINGEN, NEDERLAND
DIRECTEUR: Dr J. G. TEN HOUTEN

CATNO. 84727
Itemid. IIP506

International
Institute of Parasitology
395a Hatfield Road
St. Albans, Herts
AL4 0XU
England

MEDEDELING No 8

# DE BETEKENIS VAN DE TOESTAND VAN DE GROND VOOR HET OPTREDEN VAN AANTASTING DOOR HET STENGELAALTJE (DITYLENCHUS DIPSACI (KÜHN FILIPJEV)

# SOIL CONDITIONS AND STEM EELWORM DISEASE

DOOR

**Dr Ir J. W. SEINHORST**

OVERDRUK UIT „TIJDSCHRIFT OVER PLANTENZIEKTEN"
56e JAARGANG No 5/6, DECEMBER 1950

SEI
SE

## INSTITUUT VOOR PLANTENZIEKTENKUNDIG ONDERZOEK (I.P.O.)

**Office and main laboratory:** Binnenhaven 4*a*, tel. 2151, Wageningen, Netherlands.

**Staff:**

**Director:** Dr J. G. ten Houten.
**Head of the Entomological Dept.:** Dr H. J. de Fluiter, Wageningen.
**Head of the Virological Dept.:** Prof. Dr T. H. Thung, Wageningen.
**Head of the Mycological Dept.:** Dr J. G. ten Houten, Wageningen.

**Researchworkers at the Wageningen Laboratory:**

Miss Ir M. Bakker, Phytopathologist
Dr H. J. de Fluiter, Entomologist
Dr J. Grosjean, Phytopathologist
Miss Dr C. H. Klinkenberg, Phytopathologist
Miss Dra J. M. Krijthe, Phytopathologist
Ir A. P. Kole, Phytopathologist
Mr R. E Labruyère, Phytopathologist
Dr J. C. Mooi, Phytopathologist
Dr Ir J. W. Seinhorst, Nematologist
Prof. Dr T. H. Thung, Virologist
Ir J. Walrave, Virologist
Ir J. P. H. van der Want, Virologist

**Researchworkers elsewhere:**

Dr J. J. Fransen, Entomologist, Velperweg 55, Arnhem, Tel 22041.
Dr S. Leefmans, Entomologist, Head of the „Entomologisch Lab. I.P.O.", Mauritskade 61, Amsterdam-O, tel. 56282.
Dr Ir C. J. H. Franssen, Entomologist } „Entomologisch Lab. I.P.O.",
Drs D. J. de Jong, Entomologist } Mauritskade 61, A'dam-O, tel. 56282.
Ir H. A. van Hoof, Phytopathologist, Veilinggebouw Broek op Langendijk, tel. K 2267-341.
Dr W. J. Maan, Entomologist, van IJsselsteinlaan 7, Amstelveen, tel. 2451.
Drs H. H. Evenhuis, Entomologist } Detached to „Zeeland's Proeftuin",
Dr D. Mulder, Phytopathologist } Wilhelminadorp, tel. 2261.
Ir G. S. van Marle, Entomologist } Detached to „Proeftuin voor de Bloemen-
Drs D. Noordam, Phytopathologist } teelt", Aalsmeer, tel. 686.
Drs L. E. van 't Sant, Entomologist, detached to Proeftuin „Hollands-Utrechts Veendistrict", Sloten, tel. 6608.
Drs F. Tjallingii, Phytopathologist/Virologist, detached to „Tuinbouwlaboratorium", Venlo, tel. K 4700-3248.
Miss Dra J. C. Schreuder, Phytopathologist, detached to „Landbouwproefstation en Bodemkundig Instituut T.N.O.", Groningen, tel. 2 1595.

**Guest workers:**

Dr Ir J. B. M. van Dinther, Entomologist, „Lab. voor Entomologie", University, Wageningen, tel. 2438.
Prof. Dr D. J. Kuenen, Entomologist, „Zoölogisch Laboratorium", University, Leiden, tel. 20259.
Dr J. de Wilde, Entomologist, „Physiologisch Laboratorium", University, Amsterdam, tel. 47151.

**Aphidological Adviser:**

Mr D. Hille Ris Lambers, Entomologist T.N.O., Bennekom, tel. 458.

# DE BETEKENIS VAN DE TOESTAND VAN DE GROND VOOR HET OPTREDEN VAN AANTASTING DOOR HET STENGELAALTJE (*DITYLENCHUS DIPSACI* (KÜHN) FILIPJEV)

*With a Summary: Soil conditions and stem eelworm disease*

DOOR

DR IR J. W. SEINHORST

Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek te Wageningen

## INHOUD

Blz.

INLEIDING . . . . . 291
I. VELDWAARNEMINGEN . . . . . 292
Wijze van optreden van aantasting door stengelaaltjes . . . . . 292
De uitbreiding en verspreiding der ziekte . . . . . 293
Aantasting van gewassen en onkruiden in verschillende tijden van het jaar . . . . . 295
Aantasting in verschillende jaren . . . . . 296
II. VELD- EN POTPROEVEN . . . . . 298
De invloed van bemesting en grondbewerking . . . . . 298
De invloed van de voorvrucht . . . . . 303
Aaltjesaantasting bij potproeven . . . . . 304
II. HOE KAN DE GROND HET OPTREDEN VAN STENGELAALTJESAANTASTING BEINVLOEDEN? . . . . . 306
IV. METHODIEK . . . . . 309
A. Algemene techniek . . . . . 309
*a*. Het gebruikte aaltjesmateriaal, het verzamelen en het instandhouden . . . . . 309
*b*. Het afscheiden van aaltjes uit aangetaste plantendelen . . . . 310
*c*. Verdere behandeling van de aaltjes . . . . . 314
B. Methoden voor het onderzoek van de invloed van de grond op de aantasting van planten door stengelaaltjes . . . . . 315
*a*. Het aantal stengelaaltjes in de grond . . . . . 315
*b*. De activiteit van stengelaaltjes in de grond . . . . . 316
1. De trechtermethode . . . . . 316

2. De buizenmethode . . . . . 322
*c.* De dispositie van de plant . . . . . 326
V. Hoe beinvloedt de grond de aantasting van planten door stengelaaltjes? . . . . . 327
VI. De activiteit van stengelaaltjes in enige gronden op verschillende tijden . . . . . 329
VII. De invloed van een aantal factoren op de activiteit van stengelaaltjes in de grond . . . . . 332
*a.* Het vochtgehalte . . . . . 332
*b.* Het poriënvolume . . . . . 334
*c.* De poriënwijdte . . . . . 335
*d.* De temperatuur . . . . . 335
*e.* Partiële sterilisatie . . . . . 337
*f.* Verschillende zuurstof en koolzuurconcentraties . . . . . 340
*g.* Grondextracten . . . . . 341
Slotbeschouwing . . . . . 343
Samenvatting . . . . . 344
Summary . . . . . 345
Geraadpleegde literatuur . . . . . 348

# INLEIDING

In de literatuur over de aantasting van planten door aaltjes zijn weinig gegevens te vinden, die dwingen tot het stellen van de vraag of door de grond een belangrijke invloed op deze aantasting kan worden uitgeoefend. De belangstelling der onderzoekers heeft zich, waarschijnlijk door het ontbreken van een duidelijke aanleiding anders te doen, gericht op waardplantenreeksen en biologische rassen enerzijds en het doden der aaltjes in grond en plant met chemische middelen of warmte anderzijds.

In Nederland was de directe aanleiding om zich ook over de betekenis van de grond bij het optreden van aaltjesziekten te beraden het enigermate geruchtmakende optreden van Ir CLEVERINGA, die in woord en geschrift (2, 3) verklaarde, dat volgens zijn waarnemingen vele ziekten van planten het gevolg waren van een slechte „structuur" van de bouwvoor en betrekkelijk gemakkelijk voorkomen of genezen konden worden door een juiste grondbewerking en het toedienen van organische mest. Reup in rogge, veroorzaakt door het stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci*) was hierbij een van zijn belangrijkste voorbeelden. In het algemeen werden de opvattingen van CLEVERINGA onvoldoende gefundeerd geacht. De mogelijkheid en in sommige gevallen zelfs de waarschijnlijkheid van een belangrijke invloed van de grond op het optreden van bepaalde plantenziekten stonden echter wel vast, terwijl een op deze invloed gebaseerde bestrijdingswijze zeer aantrekkelijke aspecten zou hebben. Door nader onderzoek zou echter uitgemaakt moeten worden wat in deze richting te bereiken viel.

Een landelijke enquête over het voorkomen van het stengelaaltje en de bij de aantasting door deze parasiet optredende bijzonderheden, op verzoek van Prof. QUANJER gehouden door de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst en de Plantenziektenkundige Dienst, leverde waardevolle nieuwe gegevens op, vooral afkomstig uit Limburg, Zeeland en Goeree-Overflakkee (samengevat door DEWEZ (5) en VAN BEEKOM (7)). Er kon uit geconcludeerd worden, dat inderdaad de toestand van de grond van betekenis was voor het optreden van aantasting door stengelaaltjes, maar aanwijzingen voor de bestrijding vielen er vrijwel niet uit af te leiden.

De omvang van de schade door stengelaaltjes aangericht en de resultaten van de enquête waren de aanleiding tot een onderzoek, waarbij in de eerste plaats aandacht werd geschonken aan de invloed van de grond op de aantasting. Het werd aanvankelijk onder auspiciën van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek uitgevoerd op het Laboratorium voor Mycologie en Aardappelonderzoek (thans Laboratorium voor Phytopathologie) onder de leiding van Prof. Dr H. M. QUANJER, en voortgezet op het Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek.

## HOOFDSTUK I

## VELDWAARNEMINGEN

### WIJZE VAN OPTREDEN VAN AANTASTING DOOR STENGELAALTJES

In een groot aantal cultuurgewassen kan aantasting door stengelaaltjes voorkomen. Meestal valt de ziekte echter weinig of niet op en is de directe schade gering. Ook de aantasting in onkruiden is in de meeste gevallen weinig in het oog lopend. In andere is ze eveneens tijdens de groei van het gewas niet of pas bij een zorgvuldig onderzoek te vinden, maar blijkt het geoogste product aaltjesziek te zijn. Tijdens de bewaring treden dan verliezen op of de waarde als reproductiemateriaal daalt sterk, omdat terecht gevreesd wordt voor verspreiding van de aaltjes naar nog niet besmette percelen. Op deze wijze kan grote schade aangericht worden bij bloembollen, aardappelen en sjalotten. De grootste opbrengstverliezen treden echter op, wanneer de ziekte al in het te velde staande gewas opvalt en een groot aantal planten afsterft. Dit komt veelvuldig voor bij de rogge in een groot gedeelte van Limburg en Oostelijk Noord-Brabant en in wat mindere mate in de Lijmers, langs de IJssel en langs de Overijselse Vecht, evenals bij de uien in Zeeland en op de Zuidhollandse eilanden en in de rode klaver, waar deze reeds lange tijd geteeld wordt, in de eerste plaats dus op de rivier- en zeekleigronden.

Als uitgangspunt voor veldwaarnemingen zijn de laatstgenoemde gevallen verreweg de meest geschikte. De lichte niet opvallende aantasting in andere gewassen is vaak alleen te vinden door te zoeken op plekken, waar uien, rogge of rode klaver ernstig van aaltjesziekte te lijden hadden. De verdachte plekken in deze laatste zijn vaak al op een afstand te zien; in korte tijd kan een groot aantal opgespoord worden, mede doordat de ziekte in bepaalde gebieden veelvuldig voorkomt. Zijn eenmaal de besmette percelen bekend en voldoende nauwkeurig gekaarteerd, dan kunnen hierop gedurende lange tijd in alle gewassen en onkruiden de mate van aantasting en eventueel de samenhang hiervan met andere factoren nagegaan worden.

Reupzieke roggevelden kunnen het gemakkelijkst opgespoord worden in de winter en het vroege voorjaar. Begin November zijn er soms echter al planten te vinden met duidelijke symptomen. Aan het einde van deze maand tekenen de eerste plekken in het gewas zich af. Gedurende de winter ziet men de ziekte steeds meer optreden, zolang tenminste de ontwikkeling van het gewas niet door vorst tot stilstand is gebracht, en in April heeft ze haar maximum bereikt. Men kan dan plekken vinden van minder dan een vierkante meter tot vele aren groot. In de ergste gevallen zijn hele akkers kaal geworden. In plekken, die zich beginnen af te tekenen, hebben de planten duidelijke symptomen en vaak ook een wat lichtere kleur dan op het gezonde deel van de akker. Vrij spoedig nadat deze eerste verschijnselen opgetreden zijn, gaan de eerste planten dood; in de meeste gevallen wordt de plek hoe langer hoe kaler en daardoor ook hoe langer hoe duidelijker zichtbaar. Naar de rand toe worden meer gezonde planten gevonden en zijn ook vaak de zieke niet zo zwaar aangetast, dat ze voor het doorschieten van de rogge

afsterven. Een gedeelte ervan vormt nog een of meer halmen, terwijl ook de gezonde planten wegens de holle stand wat meer dan normaal uitstoelen. Daardoor lijkt de plek na het in aar komen vaak kleiner dan vroeger in het seizoen. In enkele gevallen is ze dan zelfs moeilijk terug te vinden. Meestal is echter ten gevolge van de toch nog te holle stand ook op de minder zieke gedeelten van de reupplekken de opbrengst beneden de normale.

In de door kroef aangetaste uienvelden kan men de zieke plekken vanaf einde Mei duidelijk waarnemen. Ze ontwikkelen zich ongeveer op dezelfde wijze als die in rogge. Ook hier lijken de plekken later in het seizoen vaak minder groot dan in het begin, maar de schade is ook bij een schijnbaar weinig ziek gewas nog aanzienlijk, daar de partij dan toch slecht houdbaar is en dus vroeg verkocht moet worden. De verliezen beperken zich hier dus niet tot een vermindering van de opbrengst, zoals bij rogge.

In de rode klaver vindt men de eerste symptomen vaak al vroeg in de herfst van het jaar van uitzaai, maar kale plekken van enige omvang ontstaan in de regel pas in het tweede jaar. Ze tekenen zich vooral duidelijk af bij het opnieuw uitgroeien van het gewas na het maaien. Waren ze daarvoor al te zien dan schijnen ze nu plotseling veel groter te zijn geworden. Dit is natuurlijk niet het geval. Ook de planten om een kale plek, die er op het eerste gezicht nog vrij gezond uitzien, doordat ze nog een aantal stengels van vrijwel de normale lengte hebben gevormd, blijken bij een nadere beschouwing reeds vrij ernstig van de aaltjesziekte te lijden te hebben. De bladeren hebben vaak te korte bladstelen, die evenals de nerven sterk verdikt zijn en zijstengels zijn in het geheel niet of slechts weinig tot ontwikkeling gekomen. Worden zulke planten afgemaaid, dan vormen ze in de regel vrijwel geen stengels meer, daar ook de dicht bij de grond gelegen knoppen, waar deze uit moeten groeien, al zwaar besmet zijn.

## DE UITBREIDING EN VERSPREIDING DER ZIEKTE

Als de stengelaaltjes zich ergens gevestigd hebben, dan kan de besmette oppervlakte op twee wijzen vergroot worden. In de eerste plaats kunnen de aaltjes zich actief door de grond of, bij een dicht gewas, tussen de planten verplaatsen. In de tweede plaats kunnen ze versleept worden met plantendelen en met grond tijdens de grondbewerking en met mest, waarin aangetast materiaal b.v. roggestro, terecht is gekomen. De eerste wijze van uitbreiden speelt natuurlijk alleen bij korte afstanden een rol; de tweede is verreweg de belangrijkste bij de verplaatsing van aaltjes van het ene veld naar het andere. Ritzema Bos (11) vermeldt reeds een geval van overbrenging van stengelaaltjes met stalmest van een besmette boerderij naar een niet-besmette.

Actieve verplaatsing, ten gevolge waarvan aaltjes uit een zieke narcissenbol de omliggende narcissen aantastten, werd waargenomen door Van Slogteren (15). Ook in rode klaver zijn verschijnselen te vinden, die wijzen op een actieve verplaatsing van de aaltjes, tengevolge waarvan zieke plekken zich tijdens de groei van het gewas kunnen uitbreiden. Zo werd in de herfst van 1946 op een rode klaverveld in Ottersum een plekje met enkele aaltjeszieke planten gevonden. Bij de eerste waarnemingen waren de omliggende planten nog volkomen gezond. Bij volgende bleken de planten, die het eerst aangetast waren, gedeeltelijk afgestorven te zijn, terwijl de omliggende planten symptomen begonnen te vertonen. Dit proces zette zich in het voorjaar van 1947 voort, zodat er tenslotte aantasting

gevonden werd op een ronde plek van enkele meters doorsnede. Het is natuurlijk niet onmogelijk, dat bij de planten, die na de eerste waarnemingen nog ziek geworden bleken te zijn, er waren, die van de grond uit aangetast waren, maar het zou wel zeer toevallig zijn, als op deze wijze een zich concentrisch uitbreidende plek zou ontstaan. Veel waarschijnlijker is het, dat een gedeelte van de aaltjes, uit de planten, die het eerst aangetast waren, zich over de grond en tussen het vochtige gewas naar de gezonde planten heeft begeven. Bij het omploegen van de stoppel kwamen met de plantendelen grote aantallen aaltjes in de grond terecht. Wordt er nu na enkele jaren weer rode klaver gezaaid op dit perceel, dan kan overal, waar in 1947 zieke klaver heeft gestaan, een gelijkmatige aantasting verwacht worden.

Alleen bij dichte gewassen, zoals klaver kan de verplaatsing van aaltjes van plant op plant van belang zijn. In de meeste gevallen zal ze door of over de grond moeten plaats hebben. Verschillende verschijnselen, die hierbij optreden, moeten dus in verband staan met de geschiktheid van de grond voor deze verplaatsing.

Bij het kaarteren van een aantal reupplekken in rogge en kroefplekken in uien viel het op, dat de plekken in uien de ronde of min of meer onregelmatige vorm hadden van olievlekken op papier, maar dat die in rogge vaak langgerekt waren in de bewerkingsrichting (zie fig. 1). Soms kwamen ook in rogge min of meer ronde plekken voor, vooral op lichtere gronden. De ronde plekken moeten ontstaan zijn, doordat de stengelaaltjes zich naar alle kanten vrijwel gelijkelijk hebben kunnen verspreiden. Daar er meestal maar een bewerkingsrichting is, moet de verspreiding in een richting loodrecht hierop in elk geval voor een belangrijk gedeelte actief hebben plaats gehad, terwijl de passieve verplaatsing van de aaltjes bij de grondbewerking ten opzichte van de actieve maar een geringe betekenis gehad moet hebben. Bij de langgerekte plekken is waarschijnlijk de verplaatsing in de lengterichting bevorderd, die in de breedterichting belemmerd of beide. Uit het samenvallen van de lengterichting met de bewerkingsrichting kan afgeleid worden, dat de bewerking hier een belangrijke factor is geweest. Ze kan de vorm van de plekken op drie manieren beïnvloed hebben. In de eerste plaats kunnen de aaltjes bij de grondbewerking met plantenresten verplaatst zijn. Vooral bij het eggen worden vaak veel stoppels versleept en die van aangetaste rogge kunnen nog zeer veel aaltjes bevatten. In de tweede plaats zouden in de ploegrichting bepaalde banen ontstaan kunnen zijn, waarlangs de aaltjes zich gemakkelijker kunnen verplaatsen dan in een richting loodrecht hierop. In de derde plaats zou het kunnen zijn, dat het voorkomen van aaltjesaantasting niet in de eerste plaats bepaald wordt door de besmetting, maar door een pleksgewijze

Fig. 1. Vorm van reupplekken in rogge.
*Shape of eelworm infested patches on rye fields*
A. Langgerekte plek.
*Elongated patch.*
B. Plek op het einde van een akker.
*Patch at the end of a field.*
——— Oude bewerkingsrichting.
*Old direction of ploughing*
- - - - - Nieuwe bewerkingsrichting.
*New direction of ploughing*

geschiktheid van de grond voor het optreden van deze ziekte. De vergroting van deze plekken zou dan door versleping en vermenging van grond ten gevolge van de grondbewerking moeten kunnen plaats hebben.

De langwerpige plekken in rogge breiden zich in de breedte niet alleen veel langzamer uit dan in de lengte, maar ook veel langzamer dan de ronde kroefplekken op de Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden, wanneer hier even vaak uien verbouwd worden als er rogge komt op de reuppercelen. De klei en zavelgronden, waar uien verbouwd worden, lijken dus gunstiger voor stengelaaltjes te zijn dan de zandgronden, waar rogge verbouwd wordt.

Bij de langwerpige reupplekken in rogge kan de lengte-breedte-verhouding 10:1 en meer zijn (fig. 1A). Bereiken de plekken de rand van het perceel dan zijn ze soms L-vormig geworden (fig. 1B), waarschijnlijk doordat ook smalle percelen aan de einden vaak dwars geploegd en geëgd worden.

Behalve de uitbreiding van plekken op één veld blijkt ook de verspreiding van veld tot veld in het ene geval gemakkelijker te gaan dan in het andere. Reup in rogge wordt volgens DEWEZ (5) in Limburg vrijwel uitsluitend op het laagterras van Maas en Roer gevonden. Uitbreiding van de ziekte naar aangrenzende midden- of hoogterrasgronden heeft niet of zeer langzaam plaats. Daarentegen zijn ontginningen op stuifzand binnen of grenzend aan het laagterras soms binnen enkele jaren al zwaar besmet, terwijl de ziekte hier vaak nog meer verwoestingen aanricht dan op het laagterras mede doordat op deze lichte gronden zeer vaak rogge verbouwd wordt. Daarnaast worden op het laagterras zelf gedeelten gevonden, waar de ziekte blijkbaar veel minder gemakkelijk vaste voet kan krijgen dan in andere. Zo werd in het voorjaar van 1940 veel reup gevonden op de hogere gronden ten westen en ten zuiden van Azenraai (gemeente Maasniel), terwijl ten oosten van dit dorp op lagere gronden zo goed als geen reup voorkwam. Toch moeten deze laatste even lang in cultuur zijn geweest als de bovengenoemde zwaar besmette stuifzandgronden, terwijl er ook vrijwel evenveel rogge verbouwd wordt als op de zwaar zieke percelen. De kans, dat er met aaltjes besmet materiaal op deze percelen terecht komt, is ook vrijwel evengroot als bij de stuifzandgronden. Dat op de gronden ten oosten van Azenraai vrijwel geen reup voorkwam moet dus wel toe geschreven worden aan hun mindere geschiktheid voor het optreden van deze ziekte.

## AANTASTING VAN GEWASSEN EN ONKRUIDEN IN VERSCHILLENDE TIJDEN VAN HET JAAR

Uien worden waarschijnlijk gedurende hun gehele groeitijd aangetast door stengelaaltjes en in dezelfde periode kan men op kroefplekken aangetaste onkruiden vinden. Vroeg of laat zaaien schijnt zo goed als geen verschil te maken. Op kroefplekken kan ook haver aangetast worden. In winterrogge treedt reup op in het laatste gedeelte van de herfst en in de winter. Er is een aantal gewassen, dat eveneens vatbaar is voor de stengelaaltjes, die de winterrogge aantasten, zoals zomerrogge, haver, maïs, erwten, bonen (*Phaseolus*) en het loof van aardappelen. De aantasting hierin bleek echter meestal veel minder ernstig te zijn dan die in winterrogge in het voorgaande jaar zou doen verwachten. Zo werd in het voorjaar van 1948 geen aaltjesaantasting in haver en maïs gevonden op velden, waar in 1947 hevig reup in rogge voorkwam. Daarentegen werd in 1949 wel hevige aantasting in maïs geconstateerd, terwijl in 1950 de aantasting in haver veel ernstiger

was dan in de voorafgaande jaren, waaruit blijkt dat deze gewassen wel hevig aangetast kunnen worden als de omstandigheden hiervoor maar gunstig zijn. Aantasting van haver en maïs verbouwd op plekken, waar reup in rogge optreedt, wordt ook vermeld door DEWEZ (5). Ook zomerrogge wordt zelden hevig aangetast. Daarom wordt deze naast zomergerst vaak gebruikt om kaalgeworden reupplekken te bezaaien. In 1946 werd in Kilder een geval van bezaaien van een reupplek met zomerrogge een tijdlang geobserveerd. In Januari was op deze plek de winterrogge zwaar ziek en in Februari grotendeels dood. Begin Maart werd er na ploegen zomerrogge gezaaid. Hierin werd echter geen spoor van aaltjesaantasting gevonden. Dat ze wel vatbaar is en ook heel goed in het voorjaar aangetast kan worden, bleek echter duidelijk in 1948 op een veld te Milsbeek. Dit was in Januari al grotendeels kaal, doordat in de winterrogge reup optrad. Midden Februari werd zomerrogge gezaaid. Deze werd echter bijna even erg aangetast als de winterrogge. Eveneens midden Februari 1948, werd op een proefveld te Ottersum winterrogge gezaaid. Slechts op een van de vier veldjes werd hierin erge aaltjesaantasting gevonden. Op de andere drie bleef de rogge grotendeels gezond. Op hetzelfde proefveld was alle vroeger gezaaide rogge midden Februari zwaar ziek of reeds dood. Ook zomerrogge en haver, die op 16 April gezaaid werden op de inmiddels kaal geworden veldjes, bleef vrijwel geheel gezond.

Gedurende een aantal jaren werd op verschillende percelen, waar grote schade door reup werd aangericht, na de oogst de opslag op aaltjesziekte onderzocht. Soms bleek deze in Augustus reeds aangetast te zijn. Meestal bleef ze echter volkomen gezond, ook op plaatsen, waar in de herfst van hetzelfde jaar gezaaide winterrogge weer hevig aangetast werd.

Bij de onkruiden worden ongeveer dezelfde verschijnselen aangetroffen. Blijkens incidentele vondsten is een aantal veel op reupplekken voorkomende onkruiden vatbaar voor de aantasting door de stengelaaltjes, die ook in rogge voorkomen. DEWEZ (5) vermeldt *Panicum crus galli*. Windhalm (*Apera spica venti*), *Holcus mollis* en perzikkruid (*Polygonum Persicaria*) bleken volgens eigen waarnemingen eveneens hevig aangetast te kunnen worden, maar toch kan men vaak volkomen gezonde windhalm welig zien groeien op de reupplekken.

Uit het bovenstaande blijkt, dat op het ene ogenblik de kans op aantasting van een bepaald gewas veel groter is dan op een ander. Deze verschillen worden niet alleen door seizoen, weer of gewas veroorzaakt, want terwijl op de ene plaats een gewas gezond blijft op besmette grond, wordt het terzelfdertijd op een andere plaats ziek. Ze moeten dus wel samenhangen met verschillen in de toestand van de grond, waardoor in het ene geval aantasting verhinderd wordt en in het andere niet.

Eveneens blijkt er uit, dat op zandgronden, waar reup in rogge voorkomt, de kans op aantasting der gewassen in het voorjaar en de zomer veel kleiner is dan in het laatste gedeelte van de herfst en in de winter. Op kleigronden wordt de meeste aantasting in zomergewassen gevonden. Vatbare wintergewassen worden hier echter weinig of niet verbouwd.

### AALTJESAANTASTING IN VERSCHILLENDE JAREN

De grootte van de schade, die door stengelaaltjes wordt aangericht, kan in verschillende jaren sterk uiteen lopen. Zo waren 1940, 1941, 1948 en 1950 jaren met veel reup in rogge. Daarentegen kwam in 1943 en 1947 hierin vrij weinig aaltjes-

aantasting voor. Ook werd in 1947 veel minder kroef in tien gevonden dan in 1948. Deze verschillen zullen op één of andere wijze moeten samenhangen met het weer, daar dit de enige factor is, waarvan de verschillen van jaar tot jaar voor een geheel gebied gelijk zijn. Volgens Nigon en Ritter (10) wordt de aantasting van de tabak in de Elzas verergerd door veel regen tussen 15 Juni en 15 Juli. Volgens Dewez (5) heerst de mening, dat er na zachte winters meer reup optreedt dan na strenge. Zo werd er na de strenge winter van 1946–1947 weinig, na de zachte van 1947–1948 veel reup gevonden. Echter, de aantasting trad in dit laatste geval al op in November en begin December, dus op een ogenblik, dat er in het algemeen ook bij strenge winters nog weinig vorst is geweest. Ook kan het voorkomen, dat in en na zachte winters weinig schade optreedt, zoals b.v. in 1943. Daarentegen kwam er zeer veel reup voor na de strenge winters van 1939–1940 en 1940–1941. Spieckermann (16) is eveneens van oordeel, dat de ernst van het optreden van r[illegible] in rogge geheel beheerst wordt door het weer. Ook hij acht in het algemeen strenge winters gunstiger dan zachte, maar noemt daarbij als bijzonder ongunstig veel regen, een langdurige bedekking van het gewas met sneeuw en een koud nat voorjaar, factoren, die ook volgens Dewez (5) het optreden van de ziekte bevorderen. Beide auteurs schrijven dit toe aan de slechte invloed, die ze uitoefenen op het weerstands- en herstelvermogen van een door aaltjes aangetast gewas. Daarentegen zou een droog en warm voorjaar gunstig werken, doordat roggeplanten (en ook andere gewassen) de aantasting door een snelle groei voorblijven en niet afsterven. Het door de aantasting heengroeien werd in 1949 op een aantal velden waargenomen. Plekken, die in Januari duidelijk zichtbaar waren, konden in Mei en Juni nauwelijks teruggevonden worden. Er bestaat echter ook een groot verschil in de aangetaste oppervlakten, die in verschillende jaren, vanaf het eerste optreden van de ziekte gevonden worden. Het schijnt dus, dat de aaltjes niet steeds dezelfde kansen geboden worden om in de planten binnen te dringen onafhankelijk van eventuele verschillen in groeisnelheid en herstelvermogen van deze laatste. Ook in de gunstigste jaren zijn daarbij nog velden te vinden, waar hevige aantasting door stengelaaltjes optreedt, zonder dat de overige groeivoorwaarden voor de gewassen er slechter lijken te zijn dan op andere besmette velden, waar weinig of geen aantasting voorkomt. Dit wijst er op, dat behalve een directe invloed van het weer op het gewas of de aaltjes er nog een factor werkzaam moet zijn, die eveneens in het ene jaar niet hetzelfde is als in het andere en zich dus waarschijnlijk ook onder invloed van het weer wijzigt, maar die toch niet op een zelfde tijdstip overal op dezelfde wijze de aaltjesaantasting beïnvloedt. Deze factor moet wel de grond zijn. De toestand van de grond en dus waarschijnlijk zijn invloed op aaltjes en planten op een bepaald ogenblik hangt echter niet alleen af van het weer op datzelfde ogenblik, maar ook van dat in voorafgaande jaargetijden.

Bij de verklaring van het zich herstellen van een aangetast gewas, moet er eveneens rekening gehouden worden met de mogelijkheid, dat niet het gewas te snel groeit of resistent geworden is, dank zij gunstige omstandigheden, maar dat de toestand van het milieu om de planten (grond of lucht) zodanig is, dat de aaltjes zich niet uit de grond of reeds aangetaste delen van de planten naar nieuwe scheuten kunnen begeven, waardoor deze laatste gezond kunnen opgroeien.

## HOOFDSTUK II

## VELD- EN POTPROEVEN

### DE INVLOED VAN BEMESTING EN GRONDBEWERKING

In het voorafgaande werd al enige malen uit veldwaarnemingen de gevolgtrekking gemaakt, dat de grond grote invloed heeft op het optreden van aantasting van gewassen door stengelaaltjes. Deze zou zeer aan waarschijnlijkheid winnen, wanneer bleek, dat verschillen in de behandeling van de bouwvoor ook in de mate van aantasting tot uiting komen.

Er zijn nu inderdaad een aantal gegevens, die er op wijzen, dat de bewerking en de bemesting van de grond grote invloed kunnen hebben op stengelaaltjesziekte. Ze hebben voor het grootste gedeelte betrekking op reup in rogge, waarbij ook in het voorafgaande de invloed van de grond ter sprake kwam. Volgens CLEVERINGA (2, 3) is reup in rogge een gevolg van een slechte „structuur" of werkzaamheid van de bouwvoor. Aaltjesziekte zou bij voorkeur daar optreden, waar de grond neiging tot verdichting vertoont of waar ze te los blijft, kortom daar, waar ze in een minder goede cultuurtoestand verkeert. Ook andere dan mechanische factoren zijn bij dit complex „structuur" betrokken. Of de door CLEVERINGA op reupplekken geconstateerde slechte structuur steeds de oorzaak is van de aaltjesziekte en niet het gevolg van het onbedekt blijven van de grond gedurende een groot gedeelte van sommige jaren, doordat de rogge ten gevolge van deze ziekte afstierf, is moeilijk na te gaan, daar reupplekken, wanneer ze ontdekt worden, in de regel al enkele jaren bestaan. Een der eerste gevolgen van de slechte structuur, namelijk een gestoorde waterhuishouding, waardoor de grond na regen te lang nat blijft, bevordert ook volgens DEWEZ (5) en VAN BEEKOM (1) het optreden van aaltjesziekte in rogge en uien; ze wordt vaak op lage plekken en boven verstopte drains gevonden. Zaaien van rogge in nat land bevordert het optreden van reup (DEWEZ). Ook hoort men de mening, dat slordige boeren, die dus hun land niet in de beste cultuurtoestand houden, meer last van reup hebben dan hun zorgvuldiger collega's. Inderdaad lagen b.v. in 1943 de enige twee reupplekken, die er toen tussen Meerlo, Tienraai en Swolgen (Noord-Limburg) te vinden waren, beide op de percelen van dezelfde boer, terwijl deze toch enige honderden meters van elkaar lagen en begrensd werden door gezonde roggepercelen van andere landbouwers. Verder behoorde het enige reupperceel, dat in 1940 in een bepaald gedeelte van de gemeente Maasniel voorkwam, aan een timmerman, die zijn land niet zelf kon ploegen. De bewerking werd dientengevolge niet altijd op het gunstigste ogenblik uitgevoerd. Echter ook goede landbouwers kunnen met reup te kampen hebben.

Volgens CLEVERINGA (2, 3) is de structuur te verbeteren en dus stengelaaltjesaantasting te bestrijden door de grond op de juiste wijze te bemesten en te bewerken en daarbij vooral organische meststoffen toe te dienen. Op deze wijze zou hij er zelfs in geslaagd zijn op een proefveld in één jaar de schade, door reup aangericht, geheel te elimineren. Ook DEWEZ (5) wijst er op, dat aan organische mest in het algemeen een gunstige werking tegen aaltjesziekte wordt toegeschreven. Men is het er echter niet altijd over eens welke vorm het beste werkt. Sommigen

geven de voorkeur aan lange mest of een zware groenbemesting, anderen zagen hierbij juist meer reup optreden en gebruiken liever korte mest. Waarschijnlijk hangt de werking van een bepaalde organische mest af van de eigenschappen van de grond.

De gunstige invloed, die stadscompost kan hebben, bleek zeer duidelijk uit een proef, die in 1948 en 1949 werd genomen te Ottersum op een plek, die in 1947 geheel kaal was geworden ten gevolge van aaltjesaantasting in winterrogge. In het voorjaar van 1948 werd er zwaar aangetaste winterrogge omgespit, waarna zomerrogge en haver gezaaid werden. Deze werden slechts weinig aangetast. Er werden twee hoeveelheden compost (50.000 kg/ha en 100.000 kg/ha) vergeleken met kunstmest. De compost werd op twee wijzen toegediend: voor het ploegen en vlak voor het zaaien. In het eerste geval werd ze dus bij het ploegen door de bouwvoor verdeeld, in het tweede werd ze over het zaaibed verspreid, zodat de bovenste 2 cm een hoog compostgehalte kreeg. De proef werd in tweevoud aangelegd op veldjes van $3 \times 4$ m$^2$. Het proefveld werd begin October geploegd en de rogge werd gezaaid in de eerste week van November. De opkomst was gelijkmatig over het gehele proefveld, maar de stand was wat dun ($\pm$ 35 planten per m in de rij bij een rijenafstand van 25 cm). In Februari begonnen grote verschillen in stand tussen de veldjes zichtbaar te worden, samenhangend met verschillen in aaltjesaantasting. Per veldje werd tenslotte 3 m$^2$ gemaaid. De opbrengsten zijn te vinden in tabel 1.

TABEL 1. Invloed van compost op de opbrengst van rogge op een zwaar met stengelaaltjes besmet proefveld
*Influence of compost on the yield of rye on a trial field heavily infested with stem eelworms*

| Bemesting | Opbrengst | | |
|---|---|---|---|
| | par. I g | par. II g | gemiddeld in kg/ha |
| Kunstmest . . . . . | 320 | 540 | 1430 |
| Compost 50.000 kg/ha door bouwvoor . . | 530 | 750 | 2130 |
| 100.000 kg/ha door bouwvoor . . | 495 | 1130 | 2710 |
| 50.000 kg/ha op bouwvoor . . | 580 | 840 | 2370 |
| 100.000 kg/ha op bouwvoor . . | 1010 | 1145 | 3710 |

Vooral de oppervlakkig toegediende compost heeft dus zeer gunstig gewerkt en vrijwel alle schade door stengelaaltjes voorkomen.

Uit een proef, die met dezelfde stadscompost in 1949 genomen werd op een proefperceel te Ouddorp met als gewas uien, bleek echter, dat er niet altijd dezelfde werking verwacht mag worden. De uien werden op het gehele veld zo zwaar aangetast, dat ze eind Mei alweer omgeploegd moesten worden. Het is dus mogelijk, dat de gunstige werking van deze compost slechts onder bepaalde omstandigheden optreedt. Het kan echter ook zijn, dat het perceel, waar in 1948 ook hevig aangetaste uien gestaan hadden, te zwaar besmet is geweest om invloed van de compost te kunnen vertonen, daar er ondanks een sterke vermindering van de activiteit van de aaltjes toch nog een hevige aantasting kon optreden. Het feit, dat de stand op de kunstmestpercelen nog slechter was dan op de oppervlakkig met compost bemeste, wees wel in deze richting.

Om de invloed van stalmest, groenbemesting en losmaken van de ondergrond na te gaan, werd in de herfst van 1942 een drietal proefvelden volgens onderstaand

schema aangelegd op zwaar met stengelaaltjes besmette percelen te Kilder, Didam en Meerlo.

| Bemesting | Gewas 1943 | Gewas 1944 |
|---|---|---|
| 1. Kunstmest | rogge | rogge |
| 2. Stalmest | rogge | rogge |
| 3. Groenbemesting | rogge | rogge |
| 4. Stalmest + groenbemesting | rogge | rogge |
| 5. Kunstmest | hakvrucht | rogge |
| 6. Stalmest + groenbemesting | hakvrucht | rogge |

De 6 objecten werden in serie in vijfvoud aangelegd. De grootte der veldjes was 3 × 16 m². Het gehele proefveld was overlangs verdeeld in twee helften. De ene helft werd in het eerste proefjaar 18 cm diep geploegd en in het tweede jaar tot dezelfde diepte gespit. Onder de bouwvoor bleef hierdoor een zeer goed waarneembare harde laag zitten. Op de andere helft van het proefveld werd deze laag het eerste jaar met een ondergrondploeg en het tweede jaar met de schop zonder te keren losgemaakt tot 40 cm diepte, waar de grond weer duidelijk losser was dan tussen 18 en 35 cm. Geheel juist was deze verdeling in slechts twee stroken niet, maar daar de proefvelden niet groter gemaakt konden worden en er in de herfst van 1943 ook niet gespit kon worden, was het niet mogelijk de veldjes, waarop de ondergrond losgemaakt moest worden, over beide helften van het proefveld te verdelen.

Op de stalmestpercelen werd in beide proefjaren per ha 30.000 kg stalmest van ± 1 jaar oud gebracht en op de percelen met stalmest en groenbemesting 20.000 kg per ha. In het eerste jaar werden op de proefvelden te Didam en Kilder stoppelknollen als groenbemesting gebruikt. Oorspronkelijk waren de velden hiermee in hun geheel bezaaid, maar eind September werden de veldjes voor de objecten 1, 2 en 5 kaalgeplukt. In Meerlo was in 1942 geen herfstgewas gezaaid en daarom werd groen materiaal van elders aangevoerd, maar dit mag natuurlijk niet gelijkgesteld worden met een ter plaatse gegroeid gewas, omdat het effect van de beworteling ontbrak. In het tweede proefjaar werden in Kilder en Didam knollen en lupinen en in Meerlo incarnaatklaver als herfstgewas voor groenbemesting gezaaid en nu alleen op de daarvoor bestemde veldjes. In beide jaren werd ongeveer twee weken na het ploegen of spitten de rogge gezaaid, in het eerste jaar te Didam op 16 October, te Kilder op 4 November en te Meerlo op 10 November en in het tweede resp. op 20 en 21 October, 15 October en 6 November.

Op de objecten 5 en 6 werden in 1943 te Didam en Kilder aardappelen verbouwd, te Meerlo in drie van de vijf parallellen bieten en in de beide andere aardappelen.

De aantasting werd bepaald door op elk veldje een aantal planten te rooien, zodra de aaltjesziekte duidelijk waar te nemen was, en hiervan het percentage zwaar zieke, licht aangetaste en gezonde planten vast te stellen. Uit deze cijfers werd dan de ziekte-index berekend door bij het percentage zwaar zieke planten de helft van dat der licht aangetaste te tellen. Daar op alle proefvelden op rijen gezaaid was, konden bepaalde lengten van deze rijen gerooid worden. Dit was te Didam in December 1942 en Maart 1943 = 10 × 15 cm (in December = 70 planten, in Maart = 50), in 1943 te Kilder 3 × 1 m (= 125 planten), te Meerlo 5 × 1 m

TABEL 2. De invloed van organische bemesting en losmaken van de ondergrond op reupaantasting in rogge
*The influence of organic manure and loosening of the subsoil on stem eelworm disease of rye*

| efveld te. | | Didam | | | | | | Kilder | | | | Meerlo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| a bepaling graad van aantasting | | Dec. 1942 | | Maart 1943 | | Febr. 1944 | | Febr. 1943 | | Jan.–Febr. 1944 | | Maart 1943 | | Maart 1944 | |
| pte grondbewerking | | 18 | 40 | 18 | 40 | 18 | 40 | 18 | 40 | 18 | 40 | 18 | 40 | 18 | 40 |
| Bemesting | Gewas in 1943 | | | | | | | | | | | | | | |
| ıstmest | rogge | 40 | 21 | 63 | 21 | 96 | 94 | 13 | 18 | 33 | 28 | 33 | 39 | 72 | 63 |
| lmest | rogge | 39 | 19 | 67 | 30 | 93 | 86 | 23 | 23 | 34 | 45 | 34 | 36 | 54 | 72 |
| enbemesting | rogge | 40 | 18 | 49 | 17 | 94 | 76 | 18 | 19 | 43 | 39 | 36 | 32 | 72 | 77 |
| lmest + groenbemesting | rogge | 37 | 16 | 54 | 25 | 100 | 89 | 17 | 22 | 44 | 40 | 37 | 34 | 65 | 81 |
| ıstmest | aardappelen | | | | | 79 | 47 | | | 16 | 13 | | | 40 | 37 |
| ıstmest | bieten | | | | | | | | | | | | | 18 | 15 |
| lmest + groenbemesting | aardappelen | | | | | 77 | 58 | | | 30 | 15 | | | 44 | 28 |
| lmest + groenbemesting | bieten | | | | | | | | | | | | | 17 | 9 |

cijfers zijn ziekteindices (% zwaar zieke planten + helft % licht aangetaste planten.)

(± 160 planten), in 1944 te Didam 3 × 1 m (± 30 planten bij rogge na rogge en ± 60 planten bij rogge na hakvrucht), te Kilder 5 × 1 m (± 220 planten) en te Meerlo 3 × 1 m (bij rogge na rogge ± 40 planten en rogge na hakvrucht ± 60 planten). In 1944 was dus de stand op de proefvelden te Didam en Meerlo zeer slecht. Ze was dit al van de opkomst af, door andere oorzaken dan aaltjesaantasting. In de meeste gevallen werd de graad van aantasting bepaald in Februari en begin Maart, daar dan de symptomen zich goed ontwikkeld hadden, terwijl er nog maar weinig planten afgestorven waren, wat bleek uit de geringe verschillen in de aantallen planten, die bij zeer verschillende aantasting gevonden werden per oppervlakte-eenheid. Alleen te Didam werd in December 1942 èn Maart 1943 de aantasting bepaald. De resultaten van deze proeven zijn vermeld in tabel 2. Een duidelijke lijn is er niet in te vinden. De ondergrondbewerking heeft alleen te Didam een gunstige invloed uitgeoefend. Wel moet hier gewezen worden op de te geringe betrouwbaarheid van de grondbewerkingsproef wegens het ontbreken van herhalingen, maar daar staat tegenover, dat de grens tussen het zwaaraangetaste en minder zieke gedeelte van het proefveld samenviel met die tussen de grondbewerkingsstroken en vrij scherp was. In 1944 bleek de rogge na hakvruchten op alle drie proefvelden wat minder aangetast te zijn op de percelen, waar de ondergrond was losgemaakt (gemiddeld 36 %), dan daar waar dit niet gebeurd was (gemiddeld 53 %), terwijl toen in Kilder en Meerlo bij rogge na rogge geen enkele invloed van de grondbewerking te constateren was.

De organische bemesting heeft op geen der proefvelden een belangrijke invloed op de aantasting gehad. Het grootst zijn de verschillen nog te Didam. In 1943 was daar op de geploegde strook het object „stalmest" duidelijk slechter dan „groenbemesting". Waar de organische bemesting gecombineerd was met een jaar hakvruchten bracht ze ook geen verbetering ten opzichte van de kunstmest.

Hoewel de gemiddelde cijfers vrijwel geen invloed van de bemesting op de aaltjesaantasting te zien geven, traden er toch soms grote verschillen op tussen aan elkaar grenzende veldjes. Deze konden niet verklaard worden door onregel-

matigheden in het proefveld, daar de begrenzing van zwaar zieke en veel minder zieke gedeelten samen viel met de grenzen der veldjes en ze in 1944 te Kilder gevonden werden tussen aan elkaar grenzende veldjes, waarop in 1943 de aantasting vrijwel gelijk was. Daar het enige verschil tussen de veldjes in de bemesting gelegen was, moesten hierdoor de verschillen in aantasting veroorzaakt zijn. Een bepaalde bemesting werkte blijkbaar op een bepaalde plaats gunstig en 10 à 12 m verder ongunstig. Ze kon dus zeker een grote invloed uitoefenen op de graad van aaltjesaantasting, maar blijkbaar hing het gunstig of ongunstig zijn mede af van andere, waarschijnlijk in de grond aanwezige factoren.

Bij deze proeven werd het percentage zieke planten gekozen als maatstaf voor de schade, die door de aaltjes werd aangericht en niet de opbrengst, daar verwacht werd, dat ook zonder reup deze laatste bij de verschillende bemestingen niet dezelfde zou zijn. Wel werd getracht door toevoeging van kunstmest alle objecten zoveel mogelijk gelijke hoeveelheden N, P en K te geven, maar daar de werking van organische mest moeilijk precies voorspeld kan worden, kon er toch niet op gerekend worden, dat op deze wijze een voldoende nivellering verkregen werd om zeker te zijn, dat in de opbrengstverschillen alleen de door de aaltjes aangerichte schade tot uiting zou komen. Van het bepalen van opbrengsten werd, mede wegens de moeilijkheden, die de uitvoering ervan bleek mee te brengen, afgezien. Wel werd in Juni 1943 op het proefveld te Didam op elk veldje het aantal halmen geteld, dat stond op telkens 1 m in vier verschillende rijen. Daar de rijenafstand 25 cm was, was dit in totaal 1 $m^2$ per veldje. Het verschil in aantasting ten gevolge van de grondbewerking kwam ook tot uiting in het aantal halmen. Dit was op de 18 cm diep bewerkte strook (42 % gezonde planten) 75 per $m^2$, op de 40 cm diep bewerkte strook (74 % gezonde planten) 153 per $m^2$. Het percentage gezonde planten in Maart was hier dus ongeveer evenredig met het aantal halmen per oppervlakte-eenheid, en hetzelfde zal dus in dit geval waarschijnlijk gegolden hebben voor het verband tussen het percentage gezonde planten in Maart en de korrelopbrengst. Op de verschillende objecten was echter de verhouding aantal halmen per $m^2$ : percentage gezonde planten niet steeds dezelfde. Zo was deze op de met stalmest bemeste veldjes op de 40 cm diep bewerkte strook 1,92 $\pm$ 0,13 en op de veldjes op dezelfde strook, die een groenbemesting aangevuld met kunstmest gekregen hadden 3,11 $\pm$ 0,13. De invloed van de bemesting op het aantal halmen was dus groter dan die op het percentage zieke planten in Maart. Dit kan een directe invloed van de bemesting op het aantal halmen zijn geweest, maar het is ook mogelijk, dat in het ene geval het aantal zieke planten na Maart meer toegenomen is dan in het andere, een voortzetting dus van de ontwikkeling tussen December 1942, toen er nog geen verschil was tussen de verschillende objecten, en Maart 1943, toen dit er wel was, zij het in geringe mate. Alleen door een latere bepaling van de ziektegraad zou dit uit te maken zijn geweest. Na Maart heeft dit echter het bezwaar, dat er dan al een aantal planten ten gevolge van aaltjesaantasting afgestorven is. Alleen door uit te gaan van een oppervlak, waar tevoren, b.v. in December het aantal planten geteld is, kan dan de juiste omvang van de schade vastgesteld worden.

Bemesting met verschillende soorten en hoeveelheden kunstmest heeft, naar uit proeven van Oortwijn Botjes en Ritzema Bos (11) met verschillende gewassen en van Spieckermann (16) met rogge bleek, geen belangrijke invloed op de aantasting en de aangerichte schade, als tenminste zeer onvoldoende bemeste gewassen buiten beschouwing gelaten worden, daar deze laatste sneller te gronde gaan dan de wat beter gevoede.

Zowel bij de uienteelt als bij de roggeverbouw wordt aan de voorvrucht grote invloed op het optreden van stengelaaltjesaantasting toegekend, terwijl ook het aantal jaren, dat er ligt tussen twee opeenvolgende gewassen rogge of uien, van betekenis is. Zo kon bij een onderzoek in 1940 in de gemeente Maasniel vastgesteld worden, dat in de meeste gevallen, waarin hevige aaltjesaantasting in rogge optrad, éénmaal in de twee jaar en vaker rogge verbouwd werd op hetzelfde perceel, te oordelen althans naar het gedeelte van het bouwland, waarop in 1940 rogge verbouwd werd. Een proef op de proefboerderij te Heino wees in dezelfde richting (19). Op een vruchtwisselingsproefveld werd daar de stand van de rogge geheel bepaald door stengelaaltjesaantasting en de opbrengst nam af naarmate er vaker rogge verbouwd werd. Afwisseling van aardappelen en rogge gaf nog lang geen maximale opbrengst, wat bleek uit een vergelijking met niet of weinig aangetaste zomerrogge op hetzelfde proefveld. Deze bracht bijna 20 % meer op dan de winterrogge en zou bij afwezigheid van aaltjes zeker minder opgebracht hebben dan deze.

Kroef neemt eveneens sterk toe als te vaak uien verbouwd worden op met aaltjes besmette percelen. Algemeen wordt aangenomen, dat op kroefpercelen niet vaker dan eens in de vier jaar uien verbouwd mogen worden en zelfs dan kan er nog hevige aantasting optreden. Zouden op kroefpercelen even intensief uien geteeld worden als er rogge verbouwd wordt op de met aaltjes besmette Limburgse zandgronden, dan zou men er voortdurend een misgewas hebben. De besmetting blijft dus op de kleigronden, waar uien geteeld worden, veel beter in stand dan op de zandgronden. Dit houdt waarschijnlijk ook verband met het verschil in aantasting van de onkruiden op uien- en roggepercelen.

Behalve het aantal jaren, dat er verloopt tussen twee opeenvolgende gewassen uien of rogge, maakt het ook verschil na welk gewas ze komen. Volgens Van Beekom (1) wordt met het oog op kroefaantasting cichorei algemeen als een gunstige voorvrucht voor uien beschouwd en erwten en vlas soms als ongunstige. Rogge en haver gelden algemeen als ongunstige voorvruchten voor rogge op reuppercelen; bieten, tarwe, lupinen, spurrie, witte klaver en gescheurd grasland als gunstige, terwijl over aardappelen, erwten, koolrapen, gerst, maïs, veldbonen, stoppelknollen en rode klaver de meningen verschillend zijn (Dewez, 5). Met behulp van de cijfers in tabel 2 is de invloed na te gaan van rogge, aardappelen en bieten als voorvrucht voor rogge op de aaltjesaantasting hierin. Daar deze invloed veel groter bleek te zijn dan die der bemesting, kunnen de gemiddelde ziekte indices van alle veldjes met voorvrucht rogge, voorvrucht bieten, en voorvrucht aardappelen vergeleken worden. Deze zijn te vinden in tabel 3.

TABEL 3. De invloed van verschillende voorvruchten op de aantasting van winterrogge door stengelaaltjes

*The effect of the previous crop on eelworm disease in winter rye*

| Voorvrucht | Ziekteindex op proefveld te | | |
|---|---|---|---|
| | Didam | Kilder | Meerlo |
| Rogge . . . . . | 91 (49) | 36 (20) | 70 (35) |
| Aardappelen . . . | 64 | 19 | 27 |
| Bieten . . . . . | | | 15 |

Vergelijkt men deze cijfers met de percentages zieke planten, die in 1943 gevonden werden (de cijfers tussen haakjes), dan blijkt dat de voorvrucht rogge meer reup heeft doen optreden, dat na aardappelen de aantasting dezelfde is of erger (Didam) en na bieten minder aantasting is opgetreden dan het jaar te voren. Hieruit volgt dat rogge-aardappelen-rogge allerminst een veilige vruchtopvolging is op met aaltjes besmet land, maar dat het met rogge-bieten-rogge te proberen zou zijn. Natuurlijk kan deze laatste volgorde om practische redenen niet voortdurend toegepast worden, maar er zijn waarschijnlijk nog wel meer gewassen te vinden, die een even gunstig effect hebben als bieten. Helaas wordt de keuze der gewassen beperkter naarmate men met lichter gronden te doen heeft en juist op deze laatste kan reup snel om zich heen grijpen en grote schade aanrichten. Bij de verklaring van de invloed van een bepaald gewas op de aantasting van rogge door stengelaaltjes moet er in de eerste plaats op gelet worden of het een waardplant is van het in de rogge voorkomende ras van het stengelaaltje. Is dit zo, dan kan hierdoor de besmetting in stand gehouden worden, ook al valt de aantasting niet op, zoals dat met de zomergewassen op reuppercelen meestal het geval is. Is het geen waardplant en kunnen er ook geen onkruiden aangetast worden, dan moet de besmetting verminderen, doordat er wel aaltjes sterven, maar er geen vermenigvuldiging kan plaats hebben. Echter met het al of niet waardplant zijn van een bepaald gewas blijkt de invloed ervan niet geheel verklaard te kunnen worden. Zo vermeldt Dewez (5) een geval, waarin rogge na aardappelen zieker was naarmate deze laatste vroeger gerooid waren. Een verschil in besmetting van de grond ten gevolge van een sterkere vermenigvuldiging in de vroeger gerooide aardappelen kan hiervan moeilijk de oorzaak zijn. Hoe langer ze op het veld staan, hoe meer de aaltjes zich er juist in zouden kunnen vermeerderen. Hier moet dus van een indirecte invloed van de voorvrucht op de aantasting sprake zijn, doordat deze laatste tijdens zijn groei of door de erbij behorende grondbewerking de aaltjesaantasting op het daarvoor gunstige moment heeft bevorderd of tegengewerkt. Op deze wijze zou ook de enige malen waargenomen gunstige invloed van maïs, een waardplant van het roggestengelaaltje, verklaard moeten worden. Hetzelfde geldt voor het door Spieckermann (16) vermelde geval, waarin rogge na onvatbare wintergerst heviger werd aangetast dan na waarschijnlijk vatbare aardappelen.

### AALTJESAANTASTING BIJ POTPROEVEN

De grote betekenis van de aard en de toestand van de grond voor het optreden van aantasting door stengelaaltjes, die gebleken was uit een aantal veldwaarnemingen, werd door de resultaten van enkele potproeven bevestigd. Bij deze proeven werden verschillende en verschillend behandelde gronden zwaar besmet met stengelaaltjes. Deze werden op een bepaalde afstand van de plaats, waar de proefplanten zouden worden uitgezaaid in de grond gebracht vlak aan de oppervlakte in het midden van de potten, waarna de planten in een kring hieromheen gezet werden of op een bepaalde diepte onder de oppervlakte, waarna de planten regelmatig verspreid over de hele pot gezaaid werden. De resultaten van verschillende van deze potproeven zijn te vinden in tabel 4.

TABEL 4. Stengelaaltjesaantasting bij potproeven met verschillende gronden
*Stem eelworm disease in pot experiments with various soils*

| Grondsoort | Proefplanten | Afstand in cm tussen aaltjes en planten | % zieke planten |
|---|---|---|---|
| Klei | ui | 0 | 100 |
| Klei | ui | 10 | 60 |
| Klei (gestoomd) | ui | 0 | 100 |
| Klei (gestoomd) | ui | 10 | 91 |
| Humeuze zandgrond | ui | 0 | 50 |
| Humeuze zandgrond | ui | 10 | 8 |
| Bladaarde | rogge | 2 | 24 |
| Bladaarde (gestoomd) | rogge | 2 | 67 |
| Zandgrond | rogge | 2 | 28 |
| Zandgrond (gestoomd) | rogge | 2 | 90 |

De aantasting van de proefplanten bleek dus met de grondsoort en de behandeling ervan sterk te variëren, waaruit de grote betekenis hiervan voor het optreden van stengelaaltjesaantasting af te leiden is.

## HOOFDSTUK III

# HOE KAN DE GROND HET OPTREDEN VAN STENGELAALTJESAANTASTING BEINVLOEDEN?

In verband met de in verschillende gevallen gebleken invloed van de toestand van de grond op het achterwege blijven van stengelaaltjesaantasting in vatbare gewassen, kon men ondanks de gedeeltelijk onbevredigende resultaten van de eerste proeven in deze richting, blijven verwachten, dat de ziekte te bestrijden zou zijn door een juiste behandeling en bemesting van de met stengelaaltjes besmette percelen. Er waren verschillende redenen, waarom deze bestrijdingswijze aanlokkelijker leek dan een der andere mogelijkheden. Zowel de chemische middelen als het stomen van de grond zullen voor de landbouw altijd wel te duur blijven. Ze zijn nooit geheel afdoende en de toepassing moet dus van tijd tot tijd herhaald worden. Dan blijft nog over het kweken van resistente rassen. Dit biedt voorlopig nog slechts beperkte mogelijkheden. Bij uien is geen resistentie bekend. De Ottersumse rogge is wel in hoge mate resistent tegen het stengelaaltje, maar brengt belangrijk minder op dan gezonde Petkuserrogge, terwijl de kwaliteit van de korrel minder mooi is en het stro te slap.

Daarentegen zou een juiste bewerking en bemesting niet alleen aaltjesziekte kunnen helpen voorkomen, maar tevens de opbrengst ook van niet door aaltjes aangetaste gewassen gunstig kunnen beïnvloeden, zodat ook op deze wijze nog een gedeelte van de kosten goedgemaakt zou worden, terwijl de te volgen werkwijzen nooit zoveel van de normale zouden behoeven af te wijken als het toepassen van chemische bestrijdingsmiddelen of verhitting van de grond.

Het onderzoek kon nu op twee wijzen voortgezet worden: in de eerste plaats door uitbreiding der bemestingsproeven en in de tweede plaats door laboratoriumonderzoek naar de oorzaken van het optreden en uitblijven van aantasting op bepaalde plaatsen en in sommige tijden van het jaar. Doordat de veldproeven, die in het eerste hoofdstuk behandeld werden, vanaf September 1944 meer dan een jaar vrijwel onbereikbaar werden en daardoor later ongeschikt waren geworden voor voortzetting, terwijl het ontwerpen van en het vinden van geschikte terreinen voor nieuwe proeven enige tijd vorderde, kwam de nadruk geheel op het laboratoriumonderzoek te liggen.

Alvorens dit laatste systematisch te kunnen behandelen is het nodig een overzicht te geven van de wijze, waarop de grond de aantasting van gewassen door stengelaaltjes zou kunnen beïnvloeden. Op basis van deze theoretische overwegingen kon door middel van verschillende proeven nagegaan worden hoe de beïnvloeding werkelijk plaats vond en de resultaten van dit onderzoek waren weer van groot belang voor de methoden, die gevolgd konden worden bij de verdere analyse der in de grond aanwezige, aaltjesaantasting verhinderende, factoren.

Stengelaaltjes tasten alleen stengeldelen aan. In tegenstelling met wortels zijn deze slechts in een zeer beperkt gedeelte van de grond aanwezig. In deze grond zullen de aaltjes in de regel min of meer verspreid zijn. Ze komen erin bij het

afsterven van aangetaste planten of delen ervan. Door de grondbewerking worden de aaltjes en de plantendelen, waarin ze zich ook nog kunnen bevinden, nog meer met de grond vermengd. Vanaf dit ogenblik kunnen vier perioden in het leven van de stengelaaltjes onderscheiden worden:

I. De aaltjes bevinden zich in de grond, maar er is nog geen nieuw gewas aanwezig, dat aangetast kan worden.
II. De aaltjes bevinden zich nog in de grond, maar hierin is een nieuw vatbaar gewas geplant of gezaaid. Er bestaat nu een zekere gemiddelde afstand tussen de aaltjes en de stengeldelen van de vatbare planten. De aaltjes trachten deze stengeldelen te bereiken.
III. De aaltjes, die de stengeldelen van de vatbare planten bereikt hebben, trachten hierin binnen te dringen.
IV. De aaltjes zijn binnengedrongen. Ze voeden en vermenigvuldigen zich en de plant gaat ziekteverschijnselen vertonen.

In de eerste twee perioden is alleen een directe invloed van de grond op de aaltjes mogelijk. De grond is het enige milieu, waar ze mee te maken hebben. Daar het obligate parasieten zijn, die zich buiten de plant niet vermenigvuldigen, blijft in het gunstigste geval hun aantal in de beide eerste perioden gelijk en bereiken ze alle de derde periode. Ongunstige invloeden kunnen tweeërlei gevolg hebben:

1. Stengelaaltjes sterven. Treedt ten gevolge van deze sterfte geen aantasting meer op in een vatbaar gewas, dan zal ook een later gewas niet meer ziek kunnen worden, zonder dat er een nieuwe besmetting is opgetreden.
2. De activiteit van de aaltjes wordt geringer, zodat ze zich minder snel of in het geheel niet verplaatsen, met als gevolg, dat ze veel langer tijd nodig hebben om de afstand tot een plant af te leggen of deze zelfs in het geheel niet kunnen bereiken. Wordt ten gevolge hiervan in een bepaalde tijd een vatbaar gewas niet aangetast, dan kan er daarna aantasting optreden zonder dat er opnieuw besmetting van de grond heeft plaats gehad, zodra de factoren, die de activiteit van de stengelaaltjes hebben doen verminderen, opgehouden hebben te bestaan.

In de derde periode krijgen de aaltjes behalve met de grond ook te maken met de plant. Deze ondervindt echter bij zijn groei de invloed van de grond. Hierdoor zou in bepaalde gevallen een gewoonlijk voor stengelaaltjes vatbare soort zo resistent kunnen worden, dat de aaltjes er niet meer in kunnen binnendringen.

In de vierde periode kan alleen de plant de aaltjes direct beïnvloeden. Echter ook hier zou weer een zekere mate van resistentie of herstelvermogen, verkregen, doordat de plant groeit op een grond, die dit bevordert, het ontstaan van symptomen kunnen voorkomen of de schade kunnen beperken.

Theoretisch kan dus de grond in alle vier perioden van het leven van het stengelaaltje invloed uitoefenen op de veroorzaakte schade, hetzij door vermindering van de activiteit der aaltjes of door bevordering van het herstelvermogen of de resistentie van de plant.

Uit de gegevens, die in het eerste hoofdstuk genoemd zijn, valt niet veel af te leiden over de wijze, waarop de grond de aantasting door stengelaaltjes beïnvloedt. Alleen kan uit het feit, dat hevige aantasting kan optreden, nadat een voorgaand gewas vrijwel gezond was gebleven, geconcludeerd worden, dat in een aantal gevallen de aaltjes niet in groten getale sterven in de grond, maar iets van voorbij-

gaande aard hun activiteit remt. DEWEZ (5) en CLEVERINGA (2, 3) neigen beide tot het toekennen van een grote betekenis aan de invloed van de standplaats op het weerstandsvermogen van rogge tegen reup. In het algemeen zal een ziek gewas bij gunstige bodem en weerstoestand meer kans hebben nog iets op te brengen dan wanneer deze factoren niet meewerken. De beschikbare gegevens laten echter niet toe de gevonden verschillen in aantasting geheel uit een verschil in weerstandsvermogen van de betrokken planten te verklaren. Het is evengoed mogelijk, dat hier andere oorzaken in het spel zijn, die de planten gezond houden ondanks de aanwezigheid van stengelaaltjes in de grond.

Door verschillende auteurs wordt een grote betekenis toegekend aan de natuurlijke vijanden van de parasitaire aaltjes, zoals vangschimmels en rovende nematoden. Aan stimulering van de activiteit van deze organismen schrijven LINFORD, YAP en OLIVEIRA (9) voor een groot gedeelte de vermindering van de aantasting van *Vigna sinensis* door *Heterodera marioni* toe, die zij bij potproeven verkregen door grote hoeveelheden organische stof aan de grond toe te voegen. Ze nemen hierbij echter stilzwijgend aan, dat het aantal gallen, dat zij op de wortels van hun proefplanten vonden, evenredig was met de besmettingsgraad van de grond. De enige steun, die er in hun gegevens is te vinden voor hun verklaring van de gevonden verschijnselen is, dat zij in de met organische stof behandelde gronden meer vangschimmels en roofnematoden vonden, dan in de contrôles.

Dat er echter ook nog andere invloeden in het spel moeten zijn, concluderen ze zelf reeds uit de waarneming, dat de aantasting der proefplanten in de met organische stof behandelde grond zwaarder was naarmate er een langere periode lag tussen het toevoegen van de organische stof en het zaaien van het gewas, terwijl er in die tussentijd toch geen vermenigvuldiging van de aaltjes kon hebben plaats gehad. Een gedeelte van de aaltjes was dus niet gedood, maar slechts tijdelijk inactief. Uit de door de genoemde schrijvers verstrekte gegevens is niet op te maken hoe de verhouding tussen de sterfte en de inactivering van de aaltjes bij hun proeven is geweest en er is dus ook niet uit af te leiden, welke betekenis aaltjesdodende schimmels kunnen hebben bij de bestrijding van aaltjesziekten. Of ze bij aantasting van gewassen door stengelaaltjes een beperkende factor kunnen zijn, is in het geheel niet bekend. In het voorgaande zijn reeds enkele gevallen genoemd, waarin de stengelaaltjes een tijdelijke inactiviteit vertoonden en daarbij hebben dus niet de aaltjesdodende organismen de aantasting van het gewas verhinderd. Door nader onderzoek werd getracht op te helderen, welke factoren dit dan wel gedaan kunnen hebben.

## HOOFDSTUK IV

## METHODIEK

De beschrijving van de methodiek van het onderzoek over de invloed van de grond op de aantasting van planten door stengelaaltjes kan gesplitst worden in twee gedeelten:

I. Een algemeen gedeelte, dat een beschrijving omvat van het gebruikte aaltjesmateriaal, het verzamelen en instandhouden ervan, het afscheiden van aaltjes uit plantendelen en andere methoden, die bij het onderzoek over stengelaaltjes gevolgd worden.

II. Een bijzonder gedeelte, waarin de methoden ter sprake komen, die gebruikt worden bij het onderzoek naar de betekenis van de grond bij de aantasting van planten door stengelaaltjes.

### A. ALGEMENE TECHNIEK

*a. Het gebruikte aaltjesmateriaal, het verzamelen en het instandhouden*

Uit een aantal herkomsten van het stengelaaltje, werden er voor het hieronder behandelde onderzoek een drietal gekozen, die afwisselend gebruikt werden.

1. *Stengelaaltjes uit rogge*

Reup in rogge kan men jaarlijks op een groot aantal velden vinden. Op zulke velden werden ten behoeve van het vatbaarheidsonderzoek bij rogge jaarlijks flinke hoeveelheden aangetaste stengels verzameld in de maanden Mei en Juni. Deze werden gedroogd en gehakseld en uit zulk materiaal konden meer dan een jaar lang grote hoeveelheden stengelaaltjes afgescheiden worden. Deze werden ook bij het hier behandelde onderzoek gebruikt. Hoewel men gemakkelijk roggeplanten kan inoculeren en er zo ziekteverschijnselen bij opwekken (SEINHORST, 14) werd deze methode niet toegepast voor het instandhouden en vermeerderen van stengelaaltjes, afkomstig uit rogge. Van de geïnoculeerde roggeplanten sterft namelijk niet zelden een groot gedeelte, voordat de aaltjes er zich sterk in hebben kunnen vermenigvuldigen. Het is daarom economischer materiaal op het veld te verzamelen.

2. *Stengelaaltjes uit rode klaver*

Deze werden eveneens vrijwel uitsluitend verkregen door verzameling van aangetaste plantendelen op velden, waar aaltjesziekte in rode klaver voorkwam. Na droging kon dit materiaal evenals de aangetaste rogge maandenlang in het laboratorium bewaard worden en grote hoeveelheden aaltjes leveren.

3. *Stengelaaltjes uit aardappelen*

In de zomer van 1945 werden stengels en knollen verzameld van enkele door stengelaaltjes aangetaste aardappelplanten op een perceel, waar deze ziekte vrij

ernstig optrad. Met de aaltjes, die hieruit afgescheiden werden, kon een groot aantal knollen geïnoculeerd worden. Ze werden hierbij oppervlakkig in het weefsel gebracht in sneedjes of in cylindervormige gaatjes van ongeveer 4 mm diepte en 2 mm wijdte, die met paraffine afgesloten werden om uitdroging te voorkomen. De inoculaties slaagden in de regel zeer goed. Gedurende de winter behoefde aan de bewaring van de knollen geen bijzondere zorg besteed te worden, maar in het voorjaar moest de temperatuur beneden 10 °C gehouden worden, daar anders de aaltjesaantasting plaats maakte voor één door bacteriën en schimmels.

Drie tot vier maanden na de inoculatie waren bij 15 °C bewaarde knollen in de regel hevig aangetast en bevatten dan grote hoeveelheden aaltjes, voornamelijk in het vierde larvestadium. Door deze af te scheiden en er opnieuw inoculaties mee te doen kon deze aaltjesherkomst gemakkelijk in stand gehouden en zelfs sterk vermeerderd worden, zodat steeds grote hoeveelheden ervan voor proeven beschikbaar waren, bij koude bewaring van de knollen zelfs tot laat in de zomer, terwijl uit de knollen van de nieuwe oogst, geïnoculeerd in Juli, in October al weer grote hoeveelheden aaltjes geïsoleerd konden worden.

Deze stengelaaltjes uit aardappelen tasten ook uien en rogge aan. Vooral uien werden veel in combinatie ermee als proefplanten gebruikt.

### *b. Het afscheiden van aaltjes uit aangetaste plantendelen*

De meest gebruikte methode voor het afscheiden van aaltjes uit aangetaste plantendelen of grond is de trechtermethode volgens Baermann. Aanvankelijk werd deze ook bij het hier besproken onderzoek toegepast, maar al spoedig bleek, dat er ernstige bezwaren aan verbonden waren, vooral wanneer grote hoeveelheden materiaal verwerkt moesten worden. Zoals Ritzema Bos (12) reeds opmerkte, staken de stengelaaltjes hun beweging, zodra er rottende stoffen voorkomen in het water, waarin ze zich bevinden. Daar nu aaltjes juist uit min of meer vergane plantendelen geïsoleerd moesten worden, werd bij gebruik van de trechtermethode het water in de trechters snel vuil, waardoor de aaltjes inactief werden en dus ook niet meer uit het materiaal te voorschijn kwamen. Vaak was een half uur nadat de plantendelen in de trechter gebracht waren alle beweging al opgehouden. Na verversing van het water kwam dan opnieuw een groot aantal aaltjes te voorschijn. Door het vuilgeworden water in de trechters geregeld door schoon te vervangen kon de afgescheiden hoeveelheid sterk vergroot worden. Dit kostte echter veel te veel tijd. Daarom werd getracht een toestel te construeren, waarin de verversing van het water automatisch plaats vond en toch de aaltjes in een betrekkelijke kleine hoeveelheid vloeistof verzameld konden worden. Van de beproefde constructies bleken er tenslotte twee goed bruikbaar te zijn.

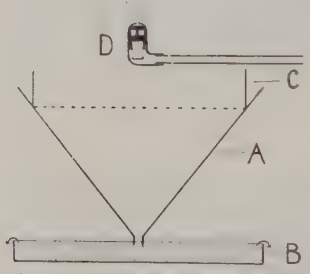

Fig. 2. Apparaat voor het afscheiden van aaltjes uit plantendelen.
*Apparatus for the extraction of eelworms from plants.*

Het eerste type (fig. 2) bestaat uit een trechter A, die uitmondt in een vlakke schaal B. Het materiaal, waaruit de aaltjes afgescheiden moeten worden, komt op de zeef C te liggen, nadat deze bedekt is met een laagje watten of filtreerpapier. Het wordt bevochtigd door er met behulp van

de sproeier D een fijne nevel op te laten neerdalen. De aaltjes verlaten dan de plantendelen, zakken met het overtollige water mee door de laag watten of het filtreerpapier en de zeef en komen via de trechter in de schaal terecht. Wanneer deze rond is met een overal even hoge rand, dan verspreidt het water zich gelijkelijk naar alle kanten en vloeit tenslotte over de rand van de schaal. Is nu de stroomsterkte niet te groot, dan bezinken de aaltjes op de bodem van de schaal voor ze de rand bereikt hebben. Het besproeien van het materiaal, met een fijne nevel heeft het voordeel, dat niet alleen het water tussen de plantendelen voortdurend ververst wordt, maar dat zich daartussen ook steeds veel lucht bevindt. Dit bleek zeer bevorderlijk te zijn voor de beweeglijkheid van de aaltjes in water, waarin stoffen uit min of meer vergane plantendelen voorkomen.

Er werden sproeiers gebruikt, die bij een druk van ongeveer twee atmosfeer $\pm$ 2 l water per uur leverden en het zeer fijn verdeelden. Een nadeel van deze sproeiers was, dat ze verstopt raakten, vooral die, waarbij de tophoek van de sproeikegel groot was. Het aanbrengen van filters en het geregeld schoonmaken van de sproeiers en de leidingen was dus noodzakelijk. Sproeiers met sproeikegeltophoek van 45° bleken in de regel minstens twee weken aan een stuk te kunnen werken; die met een hoek van 80° moesten meestal enige keren per week schoon gemaakt worden. Alle typen bleken het best te werken, wanneer ze met de opening schuin of recht naar boven geplaatst werden. Tevens werd de maximale spreiding dan verkregen bij een veel geringere afstand tussen sproeier en materiaal dan wanneer deze met de opening naar beneden geplaatst werd. Een cirkelvormig vlak

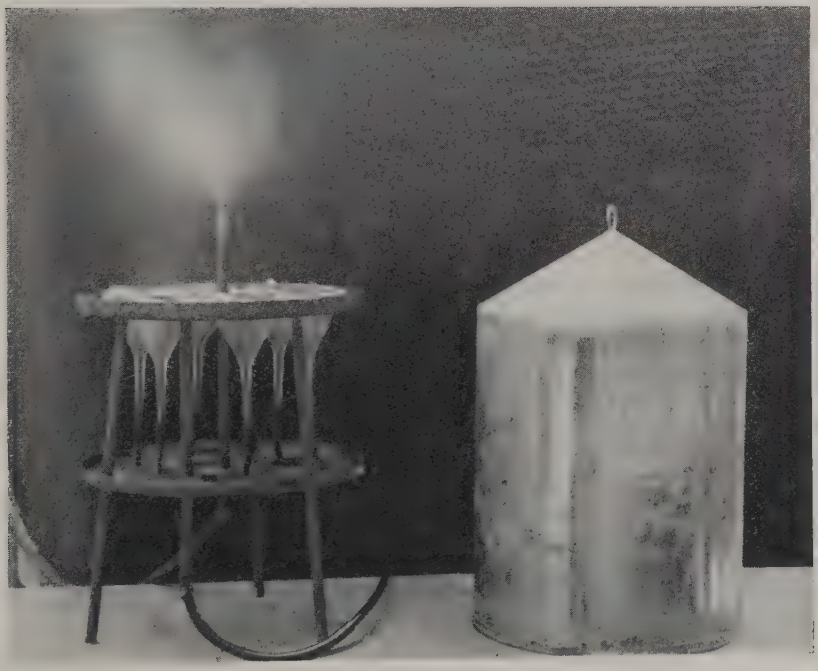

Fig. 3. Apparatuur voor het afscheiden van aaltjes uit plantendelen.
*Apparatus for the extraction of eelworms from plants.*

Fig. 4. Apparaat voor het afscheiden van aaltjes uit grote hoeveelheden materiaal.
*Apparatus for the extraction of eelworms from large quantities of infested plant material.*

met een middellijn van 30 cm bleek regelmatig besproeid te worden, wanneer een sproeier met een capaciteit van 2 liter per uur en een sproeikegelhoek van 80° met de opening naar boven ± 15 cm hierboven aangebracht werd. Dit vlak ontvangt dan 3 $cm^3$ water per uur/$cm^2$, wat een zeer goed bruikbare hoeveelheid bleek te zijn voor het afscheiden van stengelaaltjes. Op deze wijze wordt de sproeier gebruikt in het apparaat, dat in fig. 3 is afgebeeld, waarin tegelijkertijd 6 trechters met een diameter van 10 cm besproeid kunnen worden. Door een zinken cylinder met kegelvormige deksel wordt voorkomen, dat de omgeving last krijgt van de fijne nevel. Bij het apparaat met 8 trechters van 30 cm diameter van fig. 4 worden 4 sproeiers met sproeikegeltophoek van 45° met de opening schuin naar boven gebruikt, waardoor een rechthoekig vlak vrij regelmatig besproeid wordt.

Bij de bovengenoemde capaciteit van 3 $cm^3$ per uur per $cm^2$ vangt men vrijwel alle aaltjes op wanneer voor schaal B (fig. 2) een ronde schaal met een middellijn gelijk aan die van de trechter genomen wordt en de steel van de trechter midden in de schaal uitmondt. Neemt men rechthoekige bakjes, zoals bij het grote appa-

raat (fig. 4), waarbij het water over een smalle kant wegvloeit, dan kan men de trechter bij de tweede smalle kant laten uitmonden, en òf door een grote breedte de stroomsterkte gering houden òf door een grotere lengte de door de aaltjes af te leggen weg zo lang maken, dat ze ook bij een grotere stroomsterkte de tijd krijgen om te bezinken. Bij trechters met een diameter van 30 cm en een capaciteit van 3 $cm^3$ per uur per $cm^2$ bleken bakjes van 30 × 20 × 4 $cm^3$ goed te voldoen

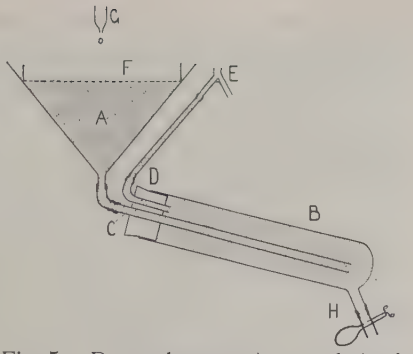


Fig. 5. Druppelapparaat voor het afscheiden van aaltjes uit plantendelen.
*Dropping apparatus for the extraction of eelworms from plants.*

De aaltjes kunnen gemakkelijk verzameld worden door ze af te filtreren in Buchnertrechters of grove sinterglasfilters bedekt met filtreerpapier (fig. 6).

Een tweede constructie, die te gebruiken is zonder sproeier, maar waarbij het water druppelsgewijs in het apparaat gebracht word, voldeed goed bij gebruik van trechters met een diameter van hoogstens 15 cm (fig. 5). Het te behandelen materiaal wordt op de zeef F in de trechter A gebracht, die zover met water gevuld is, dat de plantendelen net onder water staan. Door G wordt druppelsgewijs het water aangevoerd. Dit stroomt door de zeef F, de trechter A en de buis C in de buis B. Deze laatste is veel wijder dan buis C. De verhouding der diameters en de stroomsterkte worden zo gekozen, dat in buis C de aaltjes zoveel mogelijk meegenomen worden, maar in buis B bezonken zijn voor ze de buis in de dubbeldoorboorde stop D, waardoor het water uit B afgevoerd wordt, bereikt hebben. In de afvoer is bij E een overstort aangebracht, waarvoor een T-stuk gebruikt werd. Hiermee kan het niveau van het water in de trechter geregeld worden. Bij gebruik van de juiste maten bezinken de meeste aaltjes in het ondereinde van de wat hellend geplaatste buis B. In de bodem hiervan is bij H een afvoer aangebracht, die met een rubberslang met klemkraan afgesloten wordt. Door deze kraan te openen kunnen de aaltjes afgetapt worden.

De volgende combinatie van maten en stroomsterkte voldeed goed: trechterdiameter 10 tot 15 cm, stroomsterkte 0,5 liter per uur, lengte buis B 20 cm en diameter 4–5 cm, diameter buis C 1 cm. Neemt men kleinere trechters en een kleinere stroomsterkte, dan kunnen deze maten natuurlijk ook naar verhouding kleiner genomen worden.

De nadelen van dit apparaat ten opzichte van het eerste zijn: 1. het is moeilijker schoon te maken en breekbaarder, 2. uit hetzelfde materiaal worden minder aaltjes afgescheiden dan met het eerste toestel. De oorzaak hiervan is naast de wat minder regelmatige verversing van het water de onderdompeling van het materiaal. Er is echter geen sproeier met bijbehorende wateraanvoer, die enkele atmosferen druk kan verdragen, nodig en er behoeven ook geen voorzorgen getroffen te worden om de omgeving tegen vocht te beschermen.

Beide apparaten bleken ook goed gebruikt te kunnen worden voor het afscheiden van *Ditylenchus destructor* uit aardappelen en *Aphelenchoides fragariae* uit aardbeien.

*c. Verdere behandeling van de aaltjes*

Al naar het materiaal, waar van uit gegaan werd, waren de aaltjes, die met de hierboven beschreven apparaten verzameld werden, nog min of meer verontreinigd met kleine vaste delen en opgeloste stoffen. Om ze te reinigen werden ze afgefiltreerd op een Gooch kroesje, sinterglasfilter of Buchnertrechter, waarin een schijfje filtreerpapier gelegd was, zodat de vaste delen en de aaltjes op het filter achterbleven. Dit werd daarna op een zeef in een schaal met water geplaatst, waarna de aaltjes evenals bij de trechtermethode zich door het filter konden verplaatsen en in de schaal terecht kwamen, terwijl de vaste deeltjes er op achterbleven (fig. 6). De diameter van de filters bleek zo gekozen te moeten worden: dat er slechts een dun laagje aaltjes op komt te liggen, daar anders de onderste in lethargie overgaan. Er werden schalen gebruikt in plaats van trechters, omdat ze minder plaats innemen en op elkaar gestapeld in een koelkast gezet kunnen worden en de aaltjes er beter actief in blijven. Moesten de aaltjes bewaard worden, dan werd dat in de eerste plaats gedaan bij lage temperatuur. Bij hoge temperatuur ontwikkelen zich vrij snel schimmels en bacteriën in de vloeistof, waarin de aaltjes zich bevinden. Bij 0° tot 1 °C wordt de groei hiervan voldoende geremd om de aaltjes enkele weken te kunnen bewaren. Geregeld verversen van het water bevorderde de vitaliteit van de aaltjes zeer. Ook sommige ontsmettingsmiddelen bleken zeer goed te gebruiken te zijn om de aaltjessuspensies vrij van hinderlijke organismen te houden. Verzadigde oplossingen van Ceresan en Aretan bleken onschadelijk te zijn voor stengelaaltjes. Verdunde oplossingen van deze stoffen werden vaak gebruikt om er stengelaaltjes in te bewaren.

Moesten de aaltjes gedurende enkele maanden buiten planten in leven gehouden worden, dan werd dit in gedroogde toestand gedaan. De zo goed mogelijk gereinigde aaltjes werden afgefiltreerd in een filterkroesje en al of niet op filtreerpapier in een geparaffineerde schaal gelegd. Deze werd daarna op een droge

Fig. 6. Affiltreren en reinigen van aaltjes.
*Filtering and cleaning of eelworms.*

stofvrije plaats gezet en na enkele uren waren de aaltjes dan meestal al volkomen uitgedroogd. Dank zij het paraffinelaagje konden ze gemakkelijk uit de schaal verwijderd worden; in buisjes werden zij dan droog en koel bewaard. Op glas kleven aaltjes zo vast, dat ze er slechts met moeite van verwijderd kunnen worden.

Het bleek, dat er bij dit drogen op enkele punten gelet moest worden om materiaal te krijgen, dat na bevochtiging nog een groot percentage levende aaltjes bevatte. In de eerste plaats moesten de aaltjes voor het drogen zo goed mogelijk gereinigd worden en in de tweede plaats moest er voor gezorgd worden, dat ze niet in bewegingloze, gestrekte toestand uitdroogden. In beide gevallen werden bij het opweken zeer slechte resultaten verkregen. Nu hangt de lethargie meestal samen met vuil in het water, waarin de aaltjes zich bevinden en in dat geval kan een grondige reiniging de beweeglijkheid doen terugkeren. Ze kan ook ontstaan, doordat de aaltjes te lang op de bodem van een diep met water gevuld vat gelegen hebben in grote hoeveelheden. In zo'n geval is het meestal voldoende ze enige tijd in een zeer ondiepe waterlaag te brengen of ze in het filterkroesje een tijdlang te spoelen en daarna enkele minuten lucht er door te zuigen.

Het beste konden de gedroogde aaltjes weer opgeweekt en tot beweging gebracht worden door ze eerst met zeer weinig water te bevochtigen en pas wanneer de eerste beweging begon op te treden meer water toe te voegen. Ook werden de gedroogde aaltjes wel op een wattenfilter gebracht, dat in een schaaltje met water geplaatst werd evenals bij de reiniging van vuil aaltjesmateriaal. Vooral bij oude voorraden, die veel dode exemplaren bevatten en die dus na het opweken toch gereinigd zouden moeten worden, is dit wel de handigste methode.

## B. METHODEN VOOR HET ONDERZOEK VAN DE INVLOED VAN DE GROND OP DE AANTASTING VAN PLANTEN DOOR STENGELAALTJES

Zoals uit hoofdstuk II blijkt, is het voor een volledig onderzoek naar de invloed van de grond op de stengelaaltjesaantasting nodig het volgende vast te stellen:

*a.* in periode I (aaltjes in de grond, geen planten): het aantal levende stengelaaltjes, dat zich in de grond bevindt op verschillende tijdstippen;
*b.* in periode II (de aaltjes in de grond, vatbaar gewas aanwezig): de invloed van de grond op het vermogen van de aaltjes zich over een zekere afstand hierdoor te verplaatsen;
*c.* in periode III (de aaltjes trachten in de planten binnen te dringen): de invloed van de grond op de weerstand van de planten tegen het binnendringen en
*d.* in periode IV (ontwikkeling van symptomen): de invloed van de grond op de ontwikkeling van de symptomen.

### *a. Het aantal stengelaaltjes in de grond*

Voor het bepalen van het aantal aaltjes, dat zich in de grond bevindt, bestaan een aantal min of meer bewerkelijke methoden. De eenvoudigste is de trechtermethode. Zoals hieronder zal blijken, is deze ongeschikt om het aantal stengelaaltjes in de grond te bepalen, daar vaak het grootste gedeelte hiervan bij deze methode de grond niet verlaat. Bij de tweede methode, ontworpen door Cobb (4), worden de aaltjes van de grond gescheiden door deze laatste in water te suspenderen en dan gebruik te maken van het verschil in bezinkingssnelheid tussen de aaltjes het grootste gedeelte der gronddeeltjes. Om een enigermate betrouwbaar

resultaat te krijgen is het nodig de bezinksels enige keren met schoon water op te spoelen om zoveel mogelijk aaltjes er uit te verwijderen. De grote hoeveelheden vloeistof, die men daardoor krijgt kunnen door zeven of afschenken na het bezinken van de aaltjes verwijderd worden. Behalve het vele werk, dat deze methode meebrengt, is een groot bezwaar ervan, dat het meestal niet lukt alle gronddeeltjes uit de vloeistof met de aaltjes te verwijderen. Dit maakt het vaak onmogelijk bepaalde soorten te onderscheiden van andere. Volgens THORNE (18) kunnen de laatste verontreinigingen verwijderd worden door in de suspensie te roeren met een schijfje van een bepaalde cactussoort (Opuntia). Aan het slijm, dat hierdoor wordt afgescheiden, kleven wel de gronddeeltjes maar niet de aaltjes vast.

Bij de derde methode, die door STÖCKLI (17) werd toegepast, worden suspensies gemaakt van zeer kleine hoeveelheden grond (0,1 g in 10 $cm^3$ water). Deze worden zonder verdere bewerking microscopisch onderzocht. Daar in vergelijking met andere nematoden stengelaaltjes vaak slechts in geringe aantallen in de grond voorkomen (2 per g is al een zeer hoge besmettingsgraad), zouden voor het verkrijgen van een betrouwbaar cijfer honderden suspensies onderzocht moeten worden. Daar komt nog bij, dat het ook bij deze methode zeer moeilijk is de stengelaaltjes van andere soorten te onderscheiden. Ze is dus evenals de vorige niet goed te gebruiken voor een onderzoek naar de graad van besmetting van de grond met stengelaaltjes.

Het gehalte van enkele gronden aan stengelaaltjes werd bepaald volgens de methode-COBB. De hierbij ondervonden moeilijkheden waren echter zo groot, dat van verder onderzoek in deze richting voorlopig afgezien werd.

### *b. De activiteit van stengelaaltjes in de grond*

Volgens twee methoden bleek bepaald te kunnen worden welk percentage van de stengelaaltjes, die in een bepaalde grond gebracht worden, in staat is hierin een bepaalde afstand binnen een bepaalde tijd af te leggen: de trechtermethode en de buizenmethode.

#### 1. *De trechtermethode*

In met water verzadigd poreus materiaal blijken bewegende aaltjes steeds naar beneden te zakken. Ze doen dit sneller naarmate ze beweeglijker zijn. Een eventuele invloed van de grond op de activiteit van de aaltjes moet dus tot uiting komen in het aantal, dat binnen een bepaalde tijd een bepaalde afstand in de grond naar beneden zakt. Hiervan wordt gebruik gemaakt bij de toepassing van de trechtermethode. De af te leggen afstand is de dikte van de grondlaag, die op een zeefje in de met water gevulde trechter gebracht wordt. De aaltjes worden op de grondlaag gebracht en komen na het passeren ervan in het water in de trechter terecht, waarin ze bezinken en waaruit ze afgetapt kunnen worden.

De te onderzoeken grond werd gebracht in metalen cylinders van 2,5 cm wijdte en 2 cm hoogte. Deze maten werden vrij willekeurig gekozen, maar ze voldeden goed. Na vulling werden de cylinders aan een zijde afgesloten met een kopergaasje, waarop een watje was gelegd ter voorkoming van het doorspoelen van grond bij het in de trechters plaatsen. Daarna werd een bepaald aantal aaltjes op de grond gebracht aan de open zijde van de cylinders en werden deze, voorzien van een kraag tegen het omvallen, in met water gevulde trechters met een diameter van 5 cm geplaatst (zie fig. 7). Nadat de grond volgezogen was met water werden deze

Fig. 7. Bepaling van de activiteit van stengelaaltjes in grond volgens de trechtermethode.
*Determination of the activity of stem eelworms in soils after the funnel method.*

tot de rand bijgevuld, waardoor de cylinders ongeveer 1,5 cm diep in het water kwamen te staan. Na een bepaalde tijd werd het water uit de trechters getapt en het daarin aanwezige aantal aaltjes geteld. Deze hebben zich dus door een kolom met water verzadigde grond van een bepaalde hoogte verplaatst.

Dosering der aaltjes

Een der eerste vereisten bij deze bepalingen is, dat het aantal aaltjes, dat op de kolommetjes grond in de cylinders gebracht word, vrij nauwkeurig bekend is. Snel werk met ruim voldoende nauwkeurigheid was mogelijk met het in fig. 8 afgebeelde instrument. Hiermee kan elk gewenst aantal keren achter elkaar eenzelfde volume van een vloeistof afgemeten worden. Als er nu gezorgd wordt, dat hierin stengelaaltjes regelmatig verdeeld zijn, dan worden tegelijkertijd steeds ongeveer gelijke aantallen hiervan afgemeten.

Het apparaat bestaat uit een capillair A, waarin de vloeistof afgemeten wordt, een buis B, waarin aan het vernauwde ondereinde met een kurk de capillair vastgezet is, zodat deze half binnen en half buiten buis B steekt, en de rubberdop C, die buis B aan het boveneinde afsluit. Zuigflesspenen waren hiervoor zeer geschikt. In deze dop bevindt zich bij D een kleine opening. Door deze met een vinger af te sluiten en C in te drukken wordt door A wat lucht uit het apparaat geperst. Wordt nu de capillair in een vloeistof gebracht en laat men de dop C zich weer ontspannen, terwijl de opening D gesloten wordt gehouden, dan wordt in A vloeistof gezogen. Wordt, nadat A geheel gevuld is, de opening D geopend, dan kan

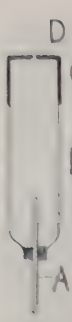


Fig. 8. Apparaat voor het afmeten van kleine volumina aaltjessuspensie.
*Apparatus for measuring small volumes of eelworm suspension.*

daardoor lucht in buis B toetreden. Er wordt daarna dus geen vloeistof meer opgezogen, ook al was de rubberdop nog niet geheel ontspannen. Zo wordt ook voorkomen, dat de inhoud van de capillair in buis B gezogen wordt, nadat de eerste uit de vloeistof gehaald is. Doordat de capillair een flink eind in de buis B steekt, kan de vloeistof, die teveel opgezogen wordt, zich onderin deze buis verzamelen zonder de werking van het instrument te storen. Door D te sluiten en C in te drukken wordt de vloeistof weer uit A verwijderd.

Voor een goede werking is het nodig, dat de capillair A gevuld kan blijven, zonder dat er enige zuigkracht op de vloeistof wordt uitgeoefend. De bovenste opening hiervan mag dus niet te wijd zijn. Verder mag er bij het ledigen geen vloeistof aan de punt of tegen de buitenwand opkruipen. Ook de onderste punt mag dus niet te wijd zijn, de glaswand moet dun zijn en de buitenzijde moet met een dun laagje vet of paraffine bedekt worden. Zeer goed voldeden capillairen van ± 2 mm wijdte en ± 3 cm lengte, die aan beide einden tot ± 0,75 mm vernauwd waren.

Daar de aaltjes snel bezinken moet de suspensie voortdurend zeer goed geschud worden. Het beste resultaat wordt bereikt door een vast voorwerp mee te schudden. De telling der aaltjes in een reeks van 15 afgemeten hoeveelheden uit een op deze wijze geschudde suspensie, leverde een gemiddelde op van 77,9 met een varians van 89,8 en die in een reeks van 20 afgemeten hoeveelheden suspensie een gemiddelde van 70,5 met een varians van 84,8, wat er op wijst, dat zowel de verdeling der aaltjes als de nauwkeurigheid van het afmeten der suspensie dicht tot de grens van het mogelijke (varians = het gemiddelde) naderden.

## Contrôles

Wanneer een gelijk aantal aaltjes uit verschillende suspensies op hetzelfde materiaal gebracht werd, bleken er soms vrij grote verschillen op te treden in de aantallen aaltjes, die afgetapt werden. Blijkbaar was de vitaliteit van de aaltjes niet altijd gelijk. Het bleek, dat deze verschillen ook al duidelijk optraden, wanneer de trechterproef gedaan werd met schoon glaszand, kwartszand, watten of grus van ongeglazuurd aardewerk met een korrelgrootte van $\frac{1}{2}$ tot 1 mm. Met gelijke doses aaltjes uit dezelfde suspensie gaven deze verschillende materialen echter gelijke cijfers en in het gunstigste geval werden alle aaltjes, die erop gebracht waren, teruggevonden. Door hun constante samenstelling boden ze dus de mogelijkheid om de vitaliteit van de aaltjes in verschillende suspensies te vergelijken. Om de invloed van verschillen hierin weg te werken en op verschillende tijdstippen met de trechtermethode verrichte bepalingen te vergelijken, werd bij elke proef nagegaan, hoeveel aaltjes uit de aangewende doses in staat waren een 1 cm dikke laag van een der boven genoemde materialen te passeren. Alle andere bepalingen, die met dezelfde suspensies gedaan waren als deze contrôles, werden dan omgerekend tot percenten van het gemiddelde van vijf of meer van deze contrôles. De aldus gevonden cijfers zullen in het vervolg aangeduid worden als de „activiteit" van de stengelaaltjes, daar ze een maat zijn voor het verplaatsingsvermogen van deze laatste in een bepaalde grond. Het is nu nog mogelijk,

dat bij gelijktijdige bepalingen met meer dan een suspensie voor dezelfde grond niet dezelfde activiteit wordt gevonden. In verreweg de meeste gevallen bleken zulke verschillen echter niet op te treden.

Door het invoeren van contrôles verviel de noodzaak om nauwkeurig de concentratie van de aaltjes in de suspensie vast te stellen. Er kon volstaan worden met een globale bepaling hiervan, waarna door toevoeging van water of aaltjes hun aantal op ongeveer 100 per toegediende hoeveelheid suspensie gebracht werd.

Om de aaltjes te kunnen tellen werden de trechters afgetapt in rechthoekige glazen cuvettes met een bodemoppervlakte van 4 × 3 cm² en een hoogte van 6 mm (zie fig. 7). De bodem hiervan was in vierkantjes verdeeld, die juist binnen het gezichtsveld van een binoculair prepareermicroscoop vielen bij een vergroting van 25 maal. Bij deze vergroting konden de aaltjes goed geteld worden. De dikte van de waterlaag in het geheel gevulde bakje was hierbij nog niet hinderlijk, terwijl de inhoud groot genoeg was om het grootste gedeelte van het water uit één trechter te kunnen bevatten. Daardoor konden bij éénmaal aftappen steeds vrijwel alle aaltjes verzameld worden, ook die welke nog niet in de steel van de trechter terecht gekomen waren.

De betrouwbaarheid van de met de trechtermethode bepaalde cijfers hangt af van de middelbare fouten van de gemiddelden van de contrôles en van de bij verschillende gronden gevonden cijfers. Deze bleken bij gemiddelden van vijf bepalingen meestal beneden ± 7 % van de contrôles te liggen. Daar het bij het onderzoek in de eerste plaats gaat om het vaststellen van verschillen van 20 % en meer is de graad van nauwkeurigheid ruim voldoende. Per monster, dat onderzocht moest worden, werden daarom steeds vijf trechters ingezet.

## Duur van de proef en invloed van de temperatuur

De invloed van het aantal dagen, dat ligt tussen het plaatsen van de grondmonsters met de aaltjes in de trechters en het aftappen van deze laatste op het aantal aaltjes, dat gevonden werd, werd bij twee grondsoorten nagegaan, namelijk klei van het terrein van het Laboratorium voor Phytopathologie en zandgrond van een reupplek te Ottersum. De proef werd gedaan bij drie verschillende temperaturen, 5 °C, 10 °C en 20 °C. Bij elk dezer temperaturen werden vijftien trechters met monsters van elk der beide grondsoorten geplaatst. Hiervan werden er één dag na het inzetten van de proef per grondsoort vijf afgetapt, twee dagen na het inzetten weer vijf en drie dagen na het begin van de proef de laatste vijf. Bij de proef met de grond uit Ottersum werden de trechters na het aftappen opnieuw gevuld en daarna elke dag afgetapt en weer gevuld. De eerste groep trechters met deze grondsoort werd dus drie maal afgetapt, de tweede twee maal en de derde slechts één maal.

De resultaten van deze proef zijn te vinden in tabel 5. De hierin vermelde cijfers zijn hoeveelheden aaltjes uitgedrukt in percenten van het gemiddelde van vijf contrôles, die drie dagen bij 5 °C gestaan hebben. In tabel 5*b* horen alle in een kolom vermelde cijfers bij dezelfde groep van vijf trechters en zijn van boven naar beneden de uitkomst van de eerste telling, de som van de eerste en de tweede telling en de som van de eerste, de tweede en de derde telling.

TABEL 5. Resultaten met de trechtermethode bij verschillende proefduren en temperaturen
*Results with the funnel method at various durations and temperatures*

*a.* Grondsoort: Klei (*clay soil*)

| | 5 °C | 10 °C | 20 °C |
|---|---|---|---|
| 1 dag . . . | 30 | 13 | 9 |
| 2 dagen . . | 66 | 22 | 23 |
| 3 dagen . . | 66 | 44 | 18 |

*b.* Grondsoort: Zandgrond (*sandy soil*).

| | 5 °C | | | 10 °C | | | 20 °C | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 dag . . . . . | 13 | | | 11 | | | 1 | | |
| 2 dagen . . . . . | 21 | 19 | | 16 | 14 | | 2 | 4 | |
| 3 dagen . . . . . | 29 | 24 | 20 | 21 | 19 | 18 | 3 | 5 | 3 |

Het aantal aaltjes, dat in staat is een grondlaag van 2 cm te passeren, blijkt geringer te zijn naarmate de temperatuur hoger is. Om zo hoog mogelijke cijfers te krijgen werd daarom de trechterproef zoveel mogelijk gedaan bij een temperatuur van 5 °C tot 7 °C.

Alleen bij 10 °C werd na drie dagen een belangrijk groter aantal aaltjes gevonden dan na twee dagen. Na twee dagen worden echter steeds belangrijk meer aaltjes gevonden dan na één dag. Voor de duur van de trechterproef werd daarom in de meeste gevallen twee dagen of meer genomen.

Door dagelijks aftappen en weer bijvullen van de trechters werden alleen bij 5 °C belangrijk grotere aantallen aaltjes verkregen dan bij eenmaal aftappen na drie dagen. De op beide manieren verkregen cijfers zijn echter nog zozeer van dezelfde orde van grootte, dat er geen enkele reden is om de veel bewerkelijker methode van het meermalen aftappen van de trechters nader te beproeven.

Uit de gevonden cijfers blijkt, dat er een vrij groot verschil bestaat tussen de activiteit van de aaltjes in de kleigrond en die in de zandgrond. Blijkbaar kan onder bepaalde omstandigheden een bepaald gedeelte van de aaltjes een met water verzadigde kolom grond binnen een zekere tijd passeren. Een gedeelte lukt dit zelfs na langere tijd niet. Deze aaltjes kunnen zich dus blijkbaar slechts zeer langzaam of in het geheel niet door de grond verplaatsen. Hoe groot dit gedeelte is hangt af van de grond, waarmee gewerkt wordt.

## De hoogte van de kolommen grond

Het aantal aaltjes, dat kolommen grond van verschillende hoogte kan passeren, werd bij een zevental gronden bepaald. De resultaten zijn te vinden in tabel 6.

Hieruit blijkt, dat kolommen van 2, 3 en 4 cm hoogte van eenzelfde grond ongeveer dezelfde uitkomsten geven. Wel zijn er soms vrij grote verschillen tussen het aantal aaltjes, dat een kolom van 1 cm en het aantal, dat een kolom van 2 cm kan passeren. De gevonden verschijnselen kunnen op twee manieren ontstaan. De reactie van alle aaltjes op de omstandigheden in de grond kan vrijwel gelijk zijn,

TABEL 6. Het aantal aaltjes, dat zich door kolommen grond van verschillende hoogte kan verplaatsen
*The number of stem eelworms that can pass soil columns of various heights*

| Kolomhoogte in cm | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| *Grondsoort:* | | | | |
| Zandgrond Ottersum I | 41 | 17 | 5 | 5 |
| „ „ II | 57 | 56 | 44 | 47 |
| Zandgrond Didam: | | | | |
| gesteriliseerd | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Klei | 63 | 79 | 74 | 86 |
| Klei | 94 | 87 | | 72 |
| Humeuze zandgrond | 33 | 3 | 6 | 4 |
| Humeuze zandgrond | | 42 | 43 | 29 |

maar het ene aaltje vindt een gunstiger weg dan het andere, zodat het verder komt zonder in lethargie te geraken. Het kan echter ook zijn, dat de reactie op de omstandigheden in de grond niet bij alle aaltjes dezelfde is, maar dat onder dezelfde omstandigheden het ene aaltje langer in beweging blijft of zich sneller verplaatst dan het andere. De grond zou dan selecterend werken. Door de volgende proef werd een aanwijzing verkregen met welk van de beide gevallen men hier te doen heeft: op cylinders met een humeuze zandgrond, die de activiteit van aaltjes vrij sterk remde, werd een groot aantal ($\pm$ 2000) stengelaaltjes gebracht en deze cylinders werden op trechters gezet. Deze laatste werden na drie dagen afgetapt.

Op een vijftal cylinders, gevuld met dezelfde humeuze zandgrond, werden nu ongeveer 100 van de afgetapte aaltjes per cylinder gebracht en daarnaast op een tweede vijftal cylinders met deze grond ongeveer 100 aaltjes per cylinder, die nog niet door een grondlaag heengegaan waren. Van alle gebruikte suspensies werden contrôles ingezet. De resultaten van de trechterproeven werden omgerekend tot percenten van de bijbehorende contrôles, wat vrijwel overeenkwam met percenten van de op de grond gebrachte aantallen aaltjes. Van die, welke voor de eerste maal op de humeuze zandgrond gebracht werden, bleek 17 % door een laag van 2 cm heen te kunnen komen, van die, welke na zulk een passage opnieuw op de grond gebracht waren echter 80 %. Alle suspensies waren bewaard bij 2 °C. Bij een tweede proef kon 33 % van de aaltjes uit een suspensie door een grondlaag van 2 cm heenkomen en van deze 33 % kon 53 % opnieuw een laag van dezelfde grond van 2 cm dikte passeren. In dit geval waren de suspensies bij 20 °C bewaard.

Van aaltjes, die al eenmaal een zekere afstand in een bepaald grondmonster hebben afgelegd, kan dus waarschijnlijk een groter gedeelte zich over dezelfde afstand hierin verplaatsen dan van de aaltjes, zoals ze uit planten worden afgescheiden. De grond werkt dus selecterend.

Met de trechtermethode kan de invloed van de grond op de activiteit van de aaltjes dus vastgesteld worden en de hiermee gevonden cijfers kunnen een maat zijn voor het vermogen van de aaltjes om zich in een bepaalde grond te verplaatsen. Ze heeft echter het nadeel, dat er gewerkt wordt met een watergehalte van de grond, dat in de natuur bij het optreden van aaltjesinfectie niet voorkomt. Dit zou in bepaalde gevallen kunnen leiden tot resultaten, die niet overeenkomen met

de activiteit van de aaltjes onder natuurlijke omstandigheden. Dit nadeel kleeft niet aan de buizenmethode.

2. *de buizenmethode*

Hierbij kan met elk gewenst vochtgehalte van de grond gewerkt worden. De aaltjes worden op een bepaalde afstand van vatbare planten in de grond gebracht. Ze trachten deze planten te bereiken en er in binnen te dringen. Na een zekere tijd wordt bepaald hoeveel aaltjes zich in de planten bevinden. Op deze wijze wordt dus in de eerste plaats het vermogen van de aaltjes gemeten om zich over een bepaalde afstand in een bepaalde grond te verplaatsen binnen een zekere tijd. Daarnaast kan echter nog een tweede factor het aantal aaltjes, dat in de planten terecht komt, beïnvloeden, namelijk de vatbaarheid van de plant (periode III volgens hoofdstuk II). Wordt deze vatbaarheid door verschillende gronden niet op dezelfde wijze beïnvloed, dan zou dit tot uiting kunnen komen in de aantallen aaltjes, die in de planten gevonden worden.

In gevallen, waarbij het niet nodig was de natuurlijke ligging van de grond te handhaven, werden buizen met vaste bodem gebruikt (fig. 9). Zeer goed voldeden buizen van 3 cm doorsnede en 8 cm hoogte, terwijl ook buizen van 2 cm doorsnede en 6 cm hoogte met succes gebruikt werden. Beide soorten waren door hun klein volume gemakkelijk te hanteren en namen weinig ruimte in, zodat met grote aantallen tegelijk gewerkt kon worden; ook was er weinig grond voor nodig, wat vooral van belang is voor het onderzoek van op het veld verzamelde monsters. Met het doseerapparaat werden aaltjes gebracht op de bodem van de buizen. Meestal werden per buis ± 200 aaltjes gebruikt. Hierna werd de te onderzoeken grond in de gewenste hoeveelheid en vastheid in de buizen gebracht. Zo nodig werd te droge grond door toevoeging van water het gewenste vochtgehalte gegeven. Op de grond werd een dun laagje rivierzand of glaszand gelegd en daarop meestal 4 of 5 kiemplanten. Werden de proeven gedaan met rode klaveraaltjes, dan waren dit rode klaverkiemplanten, terwijl voor proeven met aardappelstengelaaltjes uienkiemplanten gebruikt werden. De kiemplantjes werden niet direct op de grond gelegd, daar er dan bij het afbreken van de proef te veel fijne deeltjes aan zouden blijven kleven, waardoor het tellen bemoeilijkt zou worden. Het te gebruiken rivierzand of glaszand werd, nadat het schoongespoeld was, op een Buchnertrechter gebracht, om het water er met behulp van een waterstraalluchtpomp uit te zuigen. Het vocht, dat er dan nog in achterbleef, was voldoende om aantasting van de proefplantjes mogelijk te maken, terwijl het toch nog gemakkelijk te verwerken was. De korrelgrootte van het gebruikte rivierzand was $\frac{1}{2}$ tot 1 mm, die van het glaszand 0,1 tot 0,5 mm. Door losjes te vullen bleven in dit laatste toch nog grote luchtholten bestaan, waardoor een gunstig milieu voor de groei van de kiemplanten en de aantasting ervan verkregen werd.

Bij het onderzoek van grondmonsters in natuurlijke ligging werden de bij de trechtermethode reeds besproken metalen cylinders gebruikt. Hiermee werden de monsters gestoken. Daarna werd er een cylinder bovenop gezet, waarin evenals bij de buizen met vaste bodem zand en kiemplantjes kwamen. Op de andere zijde van het monster werden met het doseerapparaat ± 200 aaltjes

Fig. 9. Buizenmethode. *Tube method.*

gebracht, waarna deze zijde van de cylinder met een celluloid capsule werd afgesloten.

Aan het einde van de proef werden de aaltjes in de plantjes gekleurd met scharlakenrood of lactophenol-katoenblauw (GOODEY, 7) en daarna geteld. Om het prepareren te vergemakkelijken werden de plantjes gedood in stoom of enige tijd bij een zeer lage temperatuur geplaatst, waardoor ze zacht werden. Na de kleuring met scharlakenrood werden ze minstens 24 uur in glycerine gebracht om ze doorzichtig te maken, na die met lactophenol-katoenblauw in sterke phenol, waarna ze tussen twee objectglaasjes plat gedrukt werden. De aaltjes kwamen dan zover uit elkaar te liggen, dat ze gemakkelijk te tellen waren bij een vergroting van 50 maal.

### Contrôles

Ook hier werden in de regel, evenals bij de trechtermethode, de gevonden cijfers vergeleken met de uitkomsten van contrôlebuizen, waarin in de plaats van de grond rivierzand of glaszand gebracht was. Alle cijfers werden uitgedrukt in percenten van het aantal aaltjes, dat bij deze contrôlebuizen in de planten gevonden werd. Het bleek, dat dit laatste ongeveer een derde gedeelte tot de helft bedroeg van het aantal aaltjes, dat in de buizen gebracht was. Ook onder de meest gunstige omstandigheden bleek dus een gedeelte van de aaltjes niet in de planten terecht te komen.

### Duur van de buizenproef

Om inzicht te krijgen in de invloed van de proefduur op het aantal aaltjes, dat in de planten kan binnendringen, werd een reeks buizen gevuld met een kolom grond van 2 cm hoogte, vier rode klaverkiemplanten en een kolom vochtig zand van 3 cm hoogte, nadat op de bodem ± 250 stengelaaltjes gebracht waren. Als proefgrond werd klei van het terrein van het Laboratorium voor Phytopathologie gebruikt. Volgens de trechtermethode was de activiteit van stengelaaltjes in deze grond bijna steeds groter dan 40 %. Een deel der buizen werd bij 3 °C geplaatst, een ander bij 10 °C en het derde bij 20 °C. De resultaten zijn te vinden in tabel 7. De cijfers geven aantallen aaltjes aan en zijn gemiddelden van vijf buizen.

TABEL 7. Invloed van de duur van de buizenproef (250 aaltjes per buis) op het aantal aaltjes, dat in de proefplanten gevonden wordt
*Influence of the duration of the tube experiment on the number of stem eelworms found in the test plants*

| | Aantal aaltjes in de planten bij | | |
|---|---|---|---|
| | 3 °C | 10 °C | 20 °C |
| Na 2 dagen . . . . . | 6 | 4 | 9 |
| „ 4 „ . . . . . | 22 | 35 | 24 |
| „ 8 „ . . . . . | 56 | 66 | 54 |
| „ 12 „ . . . . . | 45 | 79 | 55 |
| „ 16 „ . . . . . | 23 | 74 | 16 |

Hieruit blijkt, dat het aantal aaltjes in de planten gedurende de eerste week sterk toenam, in de tweede weinig steeg of constant bleef en in de derde constant bleef of daalde. De daling bij 3 °C en 20 °C werd veroorzaakt door rotting van de

proefplanten, waarbij deze laatste weer door de aaltjes verlaten werden. Voor het verkrijgen van betrouwbare cijfers is het dus niet gewenst de proef gedurende de eerste week al af te breken. Ze mag daarentegen ook niet te lang duren, daar dan vooral bij hevige aantasting rotting kan optreden. Een proefduur van 10 tot 14 dagen lijkt de beste. Vermenigvuldiging van de aaltjes heeft dan ook nog niet plaats gehad. Hoogstens zijn er wat eieren in de planten te vinden. Het getelde aantal aaltjes komt dus geheel overeen met het aantal, dat in de planten is binnengedrongen.

Daar bij 10 °C de sterkste aantasting en het minste rot optrad, werden latere proeven zoveel mogelijk bij deze temperatuur gedaan.

### De invloed van de hoogte van de grondkolommen

Evenals bij de trechtermethode moet ook bij de buizenmethode een grondkolom worden gekozen van zodanige hoogte, dat de verschillen tussen de gronden op de duidelijkste wijze uitkomen.

Het verband tussen het aantal aaltjes, dat in de proefplanten gevonden werd en de afstand, die zij moesten afleggen om deze te bereiken, werd bij een zestal gronden onderzocht.

De aaltjes werden op de bodem van de buizen gebracht (200 per buis), waarna deze tot de gewenste hoogte met de grondmonsters gevuld werden. Hierop kwam weer het zand met de kiemplanten, in dit geval rode klaver (4 per buis). De resultaten van deze proeven zijn te vinden in tabel 8. Elk cijfer is het gemiddelde van vier buizen.

TABEL 8. De invloed van de hoogte van de kolom grond op de resultaten van de buizenmethode
*The influence of the height of the soil columns on the results of the tube method*

| Kolomhoogte in cm | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Grondsoort: | | | | | | |
| A. 1. klei | 52 | 45 | 41 | 38 | 40 | |
| 2. leemachtige zandgrond | 50 | 27 | | 22 | | |
| B. 3. glaszand | | 100 | | 96 | | 49 |
| 4. klei | | 87 | | 58 | | 28 |
| 5. leemachtige zandgrond | | 55 | | 37 | | 5 |
| 6. humeuze zandgrond | | 87 | | 51 | | 12 |
| | A: contrôle 93 = 100 | | | B: contrôle 67 = 100 | | |

Hoe hoger de kolommen grond waren des te lager bleek het aantal aaltjes te zijn, dat in de planten gevonden werd, en des te groter waren ook de verschillen tussen de verschillende gronden. Een vast verband tussen de bij verschillende kolomhoogten gevonden cijfers is uit de beschikbare gegevens niet af te leiden. Dit maakt de keus van de meest geschikte kolomhoogte niet gemakkelijker. Aanvankelijk werd vaak met kolommen van 2 cm gewerkt, later meest met 3 of 4 cm. Ook met de eerste werden verschillende keren grote verschillen tussen de gronden geconstateerd. Met het oog op de in tabel 9 vermelde cijfers kan verwacht worden, dat deze bij kolommen van 4 cm sprekender zullen zijn dan bij kortere. Het zou de proeven slechts moeilijker uitvoerbaar maken, wanneer de te doordringen

kolommen grond nog langer gemaakt worden, terwijl de resultaten wegens de lagere cijfers en de grotere middelbare fouten van de gemiddelden onbetrouwbaarder zouden worden.

### Vergelijking tussen de activiteit volgens de trechter- en die volgens de buizenmethode

Uit alle bepalingen volgens de buizenmethode bleek, dat van de stengelaaltjes, die in de buizen gebracht worden, slechts zelden meer dan de helft in de planten terecht komt. Bij de trechtermethode worden echter in sommige gevallen vrijwel alle op het grondmonster gebrachte aaltjes na enige tijd in het water in de trechter teruggevonden. Alle beweging van de aaltjes heeft hier een verplaatsing naar beneden tengevolge, waarvan geen terugkeer mogelijk is. Bij de buizenmethode moeten ze daarentegen de planten actief opzoeken en het is niet waarschijnlijk, dat ze daarbij alle de kortste weg zullen nemen. Er blijven er altijd in de grond rondzwerven. Er moet wel aangenomen worden, dat de hoogste gevonden cijfers (dat zijn die van de proeven met rivier- en glaszand) tevens de hoogste zijn, die bij de buizenmethode mogelijk zijn, ook al bedragen deze slechts ongeveer de helft van het ingebrachte aantal aaltjes. Deze cijfers, die met een constant materiaal verkregen werden, mogen dus behalve onderling ook met de contrôles volgens de trechtermethode gelijkgesteld worden. Daar alle cijfers, bepaald volgens beide methoden, omgerekend zijn tot percenten van deze gelijk te stellen contrôles, zijn de aldus gevonden activiteiten dus direct onderling vergelijkbaar. Wordt nu in een bepaald grondmonster gelijktijdig volgens beide methoden de activiteit van de aaltjes bepaald, dan kan uit overeenkomst of verschil tussen de gevonden cijfers afgeleid worden of deze bij beide methoden door dezelfde of door verschillende factoren beïnvloed wordt.

In tabel 9 zijn een aantal van deze gelijktijdig volgens beide methoden bepaalde activiteiten in verschillende grondmonsters samengebracht.

Hieruit blijkt, dat gemiddeld de activiteit volgens de buizenmethode tweemaal zo groot is als volgens de trechtermethode. Dit in aanmerking genomen is in het algemeen de overeenstemming vrij goed. Slechts eenmaal is de activiteit volgens de buizenmethode belangrijk lager dan volgens de trechtermethode (20 tegen 46). Bij herhaling van de bepaling volgens beide methoden met hetzelfde grondmonster, hadden de uitkomsten weer de normale verhouding (trechters 40, buizen 77). Ook uit niet geheel gelijktijdige bepalingen volgens beide methoden bleek steeds, dat slechts zeer zelden een geringe activiteit volgens de buizenmethode werd gevonden als onmiddellijk voorafgaande of volgende bepalingen volgens de trechtermethode een grote activiteit te zien gaven. Het is dus niet waarschijnlijk, dat bij de buizenmethode het binnendringen van de aaltjes in de planten wordt verhinderd door andere factoren dan die, welke ook bij de trechtermethode een geringe activiteit kunnen veroorzaken. Een door de grond beïnvloede veranderlijke vatbaarheid van de planten blijkt niet uit de gevonden cijfers.

Een aantal keren werd daarentegen naast een vrij geringe activiteit volgens de trechtermethode een veel meer dan tweemaal zo grote volgens de buizenmethode gevonden. In de met water verzadigde grond, waarin de aaltjes zich bij de trechtermethode moeten verplaatsen, treffen ze dus ongunstiger omstandigheden aan dan in de grond in de buizen, die een wat lager vochtgehalte heeft, en in een aantal gevallen schijnt dit verschil groot te zijn. Het is ook mogelijk, dat in de buizen

TABEL 9. Activiteit van stengelaaltjes in verschillende grondmonsters gelijktijdig bepaald volgens de trechter- en de buizenmethode
*Activity of stem eelworms in various soil samples simultaneously determined after the funnel and the tube method*

| Grondsoort | Activiteit volgens | |
|---|---|---|
| | trechtermethode | buizenmethode |
| Klei | 33 | 63 (2 cm) |
| | 53 | 93 (2 cm) |
| | 26 | 86 (2 cm) |
| | 53 | 84 (2 cm) |
| | 35 | 56 (2 cm) |
| | 46 | 20 (2 cm) |
| | 40 | 77 (2 cm) |
| Leemhoudende zandgronden | 59 | 72 (2 cm) |
| | 1 | 11 (2 cm) |
| | 7 | 6 (4 cm) |
| | 7 | 15 (2 cm) |
| | 6 | 45 (2 cm) |
| Humeuze zandgronden . . . | 1 | 3 (4 cm) |
| | 19, 22, 40 | 40 (2 cm) |
| | 14 | 24 (2 cm) |
| | 23 | 100 (4 cm) |
| | 19, 13, 17, 33 | 35 (4 cm) |
| Klei gestoomd | 100 | 100 (4 cm) |

Getallen tussen ( ) hoogte der grondkolommen bij de buizenmethode.

de grond tijdens de proef gunstiger is geworden voor de beweeglijkheid van de aaltjes, terwijl dit bij de trechterproef mede door de korte duur niet tot uiting kon komen.

De buizenmethode geeft waarschijnlijk een juister beeld van de activiteit van de aaltjes in de grond onder natuurlijke omstandigheden dan de trechtermethode. De laatste werd echter veel gebruikt, omdat zij veel minder werk vroeg dan de eerste en, naar uit vergelijking met de buizenmethode bleek, uit slechts een klein gedeelte der resultaten een onjuiste indruk van de activiteit der aaltjes onder natuurlijke omstandigheden verkregen werd.

### *c. De dispositie van de plant*

De vatbaarheid van planten voor aantasting door stengelaaltjes kan onderzocht worden door kiemplanten ermee te inoculeren. Door deze laatste te laten groeien op verschillende gronden of onder verschillende omstandigheden, kan de invloed van deze factoren op de vatbaarheid en de ontwikkeling van de symptomen nagegaan worden. De inoculatiemethodiek is reeds eerder beschreven (SEINHORST, 14).

## HOOFDSTUK V

# HOE BEINVLOEDT DE GROND DE AANTASTING VAN PLANTEN DOOR STENGELAALTJES?

Zoals uit de bespreking in het vorige hoofdstuk blijkt, kon niet de betekenis van alle opgesomde mogelijkheden, die er bij de beïnvloeding door de grond van de aantasting van planten door stengelaaltjes zijn, onderzocht worden. Een der belangrijkste, de sterfte der aaltjes in de grond, moest buiten beschouwing blijven.

In de eerste plaats werd aandacht besteed aan de activiteit van de stengelaaltjes in de grond. Een aantal gegevens hierover werd reeds in het voorgaande vermeld (tabellen 5, 6, 8 en 9). Hieruit blijkt, dat in de ene soort grond slechts een klein gedeelte van de aaltjes een bepaalde afstand kan afleggen in een bepaalde tijd, terwijl in een andere een veel groter gedeelte zich in dezelfde tijd over deze afstand kan verplaatsen. De resultaten van de buizenproef, waarbij stengelaaltjes op verschillende afstanden van planten in de grond gebracht werden (tabel 9), en van een potproef, waarbij eveneens de afstand tussen aaltjes en planten (uienkiemplanten) gevarieerd werd, kunnen ook geheel verklaard worden door een directe invloed van de grond op de activiteit van de aaltjes. Bij de potproef werd de aantasting beoordeeld naar het percentage planten met symptomen (tabel 10). De vermelde cijfers zijn gemiddelden van de percentages aangetaste planten in drie potten met elk ongeveer 80 planten in totaal.

TABEL 10. De invloed van de afstand tussen aaltjes en planten op de aantasting
*The influence of the distance between stem eelworms and plants on the degree of attack*

| Afstand | % zieke planten | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Klei [1] | Klei gestoomd [2] | Humeuze zandgrond [2] | Bladaarde [1] |
| 1 cm . . . . . | 100 | 62 | 75 | 47 ± 5 |
| 5 cm . . . . . | 100 | 69 | | 37 ± 10 |
| 10 cm . . . . . | 100 | 63 | 66 | 15 ± 5 |

[1]) proefduur 23 dagen.
[2]) proefduur 19 dagen.

Bij beide proeven was de afstand tussen aaltjes en planten bij het begin van de proef bij sommige gronden van weinig betekenis voor de graad van aantasting van de planten; bij andere gronden was deze laatste daarentegen bij grote afstanden veel geringer dan bij kleine. In gevallen, waarin de afstand van weinig betekenis bleek te zijn, was de aantasting steeds hevig. Waren dus factoren werkzaam, die de aantasting tegengingen, dan nam hun effect toe met de afstand, die de aaltjes door de grond moesten afleggen om de planten te bereiken. Ze oefenden dus zeer waarschijnlijk invloed uit op de activiteit van de aaltjes en niet op de dispositie van de planten, daar in het laatste geval ook bij een kleine afstand tussen

aaltjes en planten bij het begin van de proef de aantasting gering had moeten zijn.

Beïnvloeding van de dispositie van de planten voor aantasting door stengelaaltjes en ontwikkeling van symptomen had bij de hierboven behandelde proeven niet plaats. Om hierover nadere gegevens te verkrijgen werd op een aantal verschillende en verschillend behandelde gronden in bakken van 25 × 25 × 13 cm³ en in potten rode klaver uitgezaaid. De kiemplanten van dit gewas werden geïnoculeerd met stengelaaltjes. Na verloop van enige tijd ontwikkelden zich symptomen, waarna het percentage zieke planten op elke soort grond bepaald werd. Hierbij werden zwaar zieke planten voor 1 en minder zieke voor $\frac{1}{2}$ punt geteld. In alle gevallen bleek het percentage geheel gezonde planten zeer gering te zijn. In tabel 11 zijn de resultaten van deze proeven vermeld. Ter vergelijking zijn, waar mogelijk, de percentages zieke planten toegevoegd, die gevonden werden bij potproeven, waarbij dezelfde grond, maar nu besmet met aaltjes, gebruikt werd.

TABEL 11. De invloed van de grondsoort op de ontwikkeling van symptomen
*The influence of the soil on the development of symptoms*

| Grondsoort | Graad van aantasting | |
|---|---|---|
| | na inoculatie (rode klaver) | op besmette grond (uien) |
| Klei | 98 | 58 |
| Klei met stalmest | 98 | |
| Klei gestoomd | 90 | 72 |
| Humeuze zandgrond | 96 | 28 |
| Humeuze zandgrond gestoomd | 100 | |
| Leemachtige zandgrond | 89 | |
| Leemachtige zandgrond met stalmest | 94 | |

De vatbaarheid van de rode klaver en de ontwikkeling van de symptomen zijn dus niet door de grond beïnvloed. In alle gevallen is het percentage aangetaste planten zeer groot. Op drie der onderzochte soorten grond, maar nu besmet met aaltjes, vertoonden uien echter grote verschillen in aantasting. Dat de grond de dispositie van de plant voor aantasting door stengelaaltjes nooit zal beïnvloeden, kan natuurlijk uit de beschikbare gegevens niet afgeleid worden. Ook zullen verschillende gewassen niet op dezelfde wijze behoeven te reageren.

## HOOFDSTUK VI

# DE ACTIVITEIT VAN STENGELAALTJES IN ENIGE GRONDEN OP VERSCHILLENDE TIJDEN

Toen gebleken was, dat de activiteit van de stengelaaltjes, zoals die bepaald wordt met behulp van de trechter- en de buizenmethode, afhing van de soort grond of de toestand ervan, kon verondersteld worden, dat verschillende in het eerste hoofdstuk beschreven verschijnselen hiermee in verband zouden staan. Om dit te onderzoeken werden op een aantal velden op verschillende data monsters genomen, voor een deel met behoud van de natuurlijke ligging. Deze werden onderzocht volgens de trechtermethode en voor een klein deel ook volgens de buizenmethode. Hierbij bleek, dat in het algemeen kleigronden gunstiger zijn voor stengelaaltjes dan zandgronden. Van 57 monsters klei en zavel op een tiental velden op verschillende data genomen, bleken er 37 (67 %) volgens de trechtermethode een activiteit van de aaltjes groter dan 20 % te vertonen. Van 167 monsters leemachtige en humeuze zandgrond bleken er slechts 49 of 29 % een activiteit groter dan 20 % op te leveren. In het eerste hoofdstuk werd uit veldwaarnemingen afgeleid, dat in het algemeen stengelaaltjes zich op de klei- en zavelgronden in het westen van het land, waar kroef in uien voorkomt, veel beter actief kunnen verplaatsen dan op de zandgronden, waar reup in rogge optreedt. Dit komt overeen met de hierboven vermelde verschillen in activiteit van de aaltjes in deze gronden, en hangt dus waarschijnlijk ook hiermee samen.

In geen der onderzochte gronden is de activiteit van de aaltjes voortdurend groot of gering. Zoals uit de cijfers in de tabellen 12, 13 en 14 en uit fig. 10 blijkt, komen in dezelfde grond na elkaar kleine en grote activiteiten voor. Soms komen binnen korte tijd zeer grote verschillen voor, zoals blijkt uit tabel 14. Ook dit verschijnsel sluit weer aan op in het eerste hoofdstuk vermelde veldwaarnemingen. Hier werd er op gewezen, dat van vrij kort na elkaar op een besmet perceel gezaaide vatbare gewassen er sommige ziek worden en andere niet. In de tijd, die er tussen de zaaitijden verlopen is, zijn blijkbaar de kansen op aantasting sterk veranderd. Het ligt voor de hand aan te nemen, dat dit in verband staat met de activiteit van de aaltjes in de grond. Er moet op gewezen worden, dat niet alleen

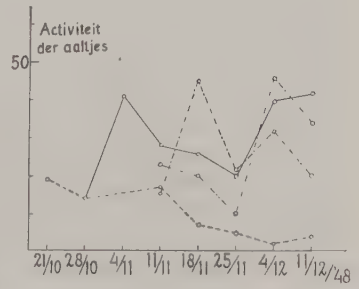


Fig. 10. Activiteit van stengelaaltjes in verschillende gronden op verschillende data volgens de trechtermethode.
*Activity of stem eelworms in various soils at various dates after the funnel method.*

o——o, o–.–.–o, o–..–..–o: Drie velden te Ottersum. *Three fields at Ottersum.*

o——o: Humeuze zandgrond te Wageningen. *Sandy soil with fairly high humus contents at Wageningen*

de met de trechtermethode te meten verschillen van belang zijn, maar ook, zoals hieronder zal blijken, het vochtgehalte van de grond.

TABEL 12. De activiteit van stengelaaltjes in grondmonsters van verschillende percelen op Goeree-Overflakkee (trechtermethode)
*The activity of stem eelworm in soil samples from various fields on the island Goeree-Overflakkee (funnel method)*

| Herkomst grondmonster | Activiteit op | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 22-5-'47 | 3-12-'47 | 19-3-'48 | 3-5-'48 | 27-5-'48 |
| Sommelsdijk . . . . . | 30 | | 40 | 87 | 32 |
| Melissant I . . . . . | 16 | | 53 | 6 | 50 |
| Melissant II . . . . . | 17 | | 40 | 17 | 48 |
| Goeree I . . . . . | 21 | 9 | 33 | 13 | 39 |
| Goeree II. . . . . | | | | | 61 |
| Goeree III . . . . . | | | | | 45 |

TABEL 13. Activiteit van stengelaaltjes volgens de trechtermethode in zware kleigrond (Laboratorium voor Phytopathologie)
*Activity of stem eelworms in heavy loam soil (Lab. for Phytopathology) after the funnel method*

| Datum | 1947 | | | | | 1948 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 14 5 | 3 6 | 31 7 | 8 8 | 5 10 | 23 3 | 5 4 | 4 10 | 5 11 |
| Activiteit . . . . | 53 | 2 | 36 | 66 | 87 | 61 | 47 | 90 | 73 |

TABEL 14. Activiteit van stengelaaltjes in een leemachtige zandgrond (Ottersum)
*Activity of stem eelworms in a sandy silt soil (Ottersum)*

| | 4/6/'48 | | 11/6/'48 | 18/6/'48 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | trechter | buis | trechter | trechter | buis |
| Veld I . . . . | 60 | 72 | 19 | 1 | 11 |
| Veld II . . . | 19 | | 28 | 1 | 3 |

Het verband tussen de aantasting van het gewas op het veld en de activiteit van de aaltjes volgens de trechter- en de buizenmethode kan met zekerheid alleen vastgesteld worden door gedurende een vrij lange periode veldwaarnemingen en activiteitsbepalingen te doen op een met aaltjes besmet terrein, waarvan bijvoorbeeld elke veertien dagen een gedeelte met een vatbaar gewas bezaaid wordt. Tot nu toe lukte het echter nog niet zulk een proef volledig uit te voeren. Wel bleek een zeer hevige aantasting van rogge bij een zaaitijdenproef samen te vallen met een periode van grote activiteit van de aaltjes (November 1947). In een daarop volgende periode van geringere aantasting (op 1 December gezaaide rogge was midden Januari 1948 nog volkomen gezond, terwijl toen op 1 November gezaaide weg was en op 15 November gezaaide zwaar ziek) konden ten gevolge van vorst en sneeuwval geen bepalingen gedaan worden.

Uit de gebleken veranderlijkheid van de activiteit van de aaltjes in de grond kan afgeleid worden, dat deze geheel afhangt van omstandigheden, die zich snel kunnen wijzigen.

Door Goodey (6) werd de trechtermethode gebruikt om na te gaan hoe lang

het duurde alvorens alle stengelaaltjes, die in een gesteriliseerde grond gebracht waren, afgestorven waren. Hij vond daarbij, dat er aanvankelijk veel afgescheiden werden, maar toen na een jaar bewaard te zijn opnieuw monsters ervan op trechters gezet werden, kwam er geen enkele meer te voorschijn. Er werd toen geconcludeerd, dat ze alle dood waren en dat dus in gesteriliseerde grond de stengelaaltjes niet langer dan een jaar in leven zouden kunnen blijven. In verband met de veranderlijkheid van de activiteit van de aaltjes in de grond is het echter ook mogelijk, dat deze niet dood waren maar slechts in lethargie verkeerden bij de laatste bepaling, tengevolge van het ongunstig worden van de grond voor hun activiteit. Volgens eigen bepalingen doet dit verschijnsel zich bij bladaarde inderdaad voor. Vlak na de sterilisatie (stomen) was de activiteit van de aaltjes hierin steeds groot. Was ze daarna voor proeven gebruikt en had ze tenslotte enige tijd buiten gelegen, dan was de activiteit vaak veel geringer geworden. Verschillende keren werden met de trechtermethode cijfers lager dan 5 % gevonden.

Eveneens moeten op grond van het bovenstaande bedenkingen ingebracht worden tegen de wijze, waarop door LLOYD (8) vastgesteld wordt, of op een bepaald veld aaltjesaantasting in klaver verwacht kan worden. Op monsters van percelen, die in aanmerking komen voor de verbouw van rode klaver, wordt deze in potten gezaaid. Treedt er nu aantasting op, dan is het zeker, dat het betreffende perceel besmet is. Treedt er geen aantasting op, dan mag echter nog niet geconcludeerd worden, dat veilig rode klaver gezaaid kan worden. Het is mogelijk dat er wel aantasting optreedt als dezelfde proef enige tijd later herhaald wordt. Nu zal het wel van de grond afhangen of er hierdoor vaak verkeerde conclusies getrokken worden of niet. Voor kleigronden zal de methode beter voldoen dan voor zandgronden.

## HOOFDSTUK VII

# DE INVLOED VAN EEN AANTAL FACTOREN OP DE ACTIVITEIT VAN STENGELAALTJES IN DE GROND

### *a. Het vochtgehalte van de grond*

De invloed van het vochtgehalte op de activiteit van stengelaaltjes werd bij een drietal gronden onderzocht volgens de buizenmethode. Van de te onderzoeken gronden werd het vochtequivalent bepaald met behulp van de centrifuge (1000 × de zwaartekracht) of door de grond op een sinterglas-filter te brengen en het water te onttrekken met een onderdruk van 1 atmosfeer. De op deze wijze verkregen gegevens zijn te vinden in tabel 15.

TABEL 15. Vochtequivalenten van verschillende gronden
*Moisture equivalent of various soils*

| | Centrifuge | Afzuigen 1 atm. |
|---|---|---|
| Klei | 29,4 % | |
| Klei gesteriliseerd | | 19,9 % |
| Leemachtige zandgrond | 9,2 % | 9,9 % |
| Humeuze zandgrond | | 22,2 % |

Alle onderzochte vochtgehalten beneden het vocht-equivalent werden verkregen door de gronden, nadat ze op een vochtgehalte gelijk aan of iets hoger dan het vochtequivalent gebracht waren, onder voortdurend omscheppen langzaam te laten drogen, die boven het vochtequivalent door water toe te voegen, nadat de grond in de buizen gebracht was. Bij de vochtgehalten beneden het vochtequivalent en gelijk hieraan werd op de grond glaszand of rivierzand gebracht, dat na bevochtiging op een Buchner-filter met de waterstraalluchtpomp was afgezogen. Dit was wel niet voldoende om waterafgifte naar de drogere grond geheel te voorkomen, maar deze was zo gering, dat slechts een laagje grond van enkele mm dikte hierdoor bevochtigd werd. Voor de trappen boven het vochtequivalent en de contrôles werd iets vochtiger zand gebruikt.

De resultaten van de proeven zijn samengebracht in fig. 11. De lijnen I en II werden verkregen met stengelaaltjes uit aardappelen ( ± 200 per buis) en uienkiemplanten (4 per buis) uit gemiddelden van 4 buizen door omrekening op een gemiddelde van contrôles van 47 = 100. De middelbare fouten van de omgerekende gemiddelden waren bij de vochtgehalten beneden 100 % van het vochtequivalent ± 10, bij die er boven ± 6. Bij de samenvoeging van de resultaten met de vochtgehalten van 80 %, 90 % en 100 % van het vochtequivalent tot één gemiddelde werd echter een middelbare fout verkregen van ± 2,5 voor elk der beide grondsoorten. De lijnen III en IV werden verkregen met stengelaaltjes uit rode klaver ( ± 300 per buis) en rodeklaverkiemplanten (6 per buis) uit ge-

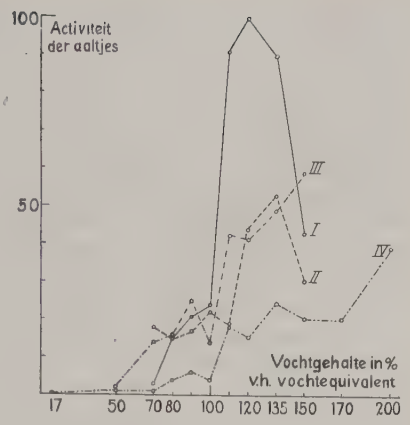


Fig. 11. Invloed van het vochtgehalte van de grond op de activiteit van stengelaaltjes.
*Influence of the moisture content of the soil on the activity of stem eelworms.*
o——— o I. Partieel gesteriliseerde kleigrond.
*Partially sterilized loam soil.*
o – – – – o II. Leemhoudende zangrond.
*Silty soil.*
o – . – . – o III. Kleigrond.
*Loam soil.*
o – ..–.. – o IV. Humeuze zandgrond.
*Sandy soil with fairly high humus content.*

middelden van 5 buizen door omrekening op controles van 160 aaltjes per buis = 100. De middelbare fouten van de omgerekende gemiddelden waren lager dan ± 5 bij de klei (III) en dan ± 3 bij de humeuze zandgrond (IV).

Bij alle vier onderzochte gronden werd de activiteit van de stengelaaltjes bevorderd door een hoog vochtgehalte. Was de grond echter zo nat, dat zich water op de bodem van de buizen begon te verzamelen (I en II, 150 %), dan werd weer een geringere activiteit gevonden. De aaltjes hebben zich waarschijnlijk in deze oververzadigde grond niet zo goed naar boven kunnen bewegen. (De trechtermethode berust op dit verschijnsel). Bij alle vier onderzochte gronden treedt in een bepaald kort vochtgehalte-traject bij een kleine toevoeging van water aan de grond een veel sterkere toename van de activiteit van de aaltjes op dan in andere vochtgehalte-trajecten. Bij drie gronden is dit traject 100–110 %, bij de vierde 110–120 % van het vochtequivalent.

Hieruit volgt, dat een goede ontwatering van de grond de aantasting van gewassen door stengelaaltjes in belangrijke mate kan helpen voorkomen. Kan overtollig water gemakkelijk door de grond afgevoerd worden, dan daalt na regenval het vochtgehalte van de bouwvoor snel tot de veldcapaciteit, die bij kleigronden vrijwel overeenkomt met het vochtequivalent en bij lichtere gronden daar niet ver vandaan ligt. Is eenmaal dit vochtgehalte bereikt, dan is de activiteit van de aaltjes al vrij sterk belemmerd. Daarna kan door verdamping van water de bovenlaag van de grond snel verder uitdrogen omdat geen verplaatsing van water plaats heeft uit grond met een vochtgehalte gelijk aan de veldcapaciteit naar drogere lagen. Is daarentegen het vochtgehalte van de hele bouwvoor boven de veldcapaciteit en kan deze alleen door verdamping lager worden, dan zal eerst op zijn minst de hele bouwvoor tot de veldcapaciteit opgedroogd moeten zijn, voordat het vochtgehalte van de bovenste centimeters lager kan worden dan van de rest van de grond. Nu komt het bij aantasting door stengelaaltjes meestal juist op de bovenlaag aan, daar zich in de regel slechts daarin stengeldelen bevinden. Is deze nu maar droog genoeg om aantasting door stengelaaltjes te voorkomen, dan blijven de gewassen hiervoor gespaard. Monocotylen, zoals granen en uien, hebben een grotere kans aangetast te worden dan dicotylen. Bij de eersten blijven de vatbare stengeldelen langere tijd of zelfs voortdurend in de grond aanwezig en de aaltjes kunnen dus telkens, wanneer er voldoende vocht aanwezig is, hun aanval

hernieuwen. Bij dicotylen komen in de regel stengels en bladeren in korte tijd boven de grond en zijn dan ook vrijwel buiten het bereik van de aaltjes gekomen. De aantasting van (latere) bovengrondse delen moet dus vlak na de kieming plaats hebben. Waren toen de omstandigheden hiervoor b.v. door te grote droogte ongunstig, dan worden er later ook geen stengelaaltjes in gevonden. Dan kan alleen nog de stengel of het hypocotyl in of vlak boven de grond aangetast worden.

Door de invloed van het vochtgehalte van de grond kan ook verklaard worden, waarom in Limburg winterrogge, die in de koude en vaak vochtige winter al op het land staat, zoveel meer wordt aangetast dan zomerrogge, haver en andere gewassen, die in het drogere voorjaar gezaaid worden.

Al zal verbetering van de waterafvoer door de grond door verbetering van de structuur van de bouwvoor en zo nodig van de ondergrond in een aantal gevallen een belangrijke vermindering van de schade, veroorzaakt door stengelaaltjes, kunnen geven, toch zal op deze wijze niet alle aantasting kunnen worden voorkomen. Ook de best ontwaterde gronden worden vaak door langdurige regenval op een voor stengelaaltjes gunstig vochtgehalte gehouden.

### *b. Het poriënvolume*

Door van enkele gronden verschillende gewichtshoeveelheden tot hetzelfde volume in ringen en buizen samen te drukken of los te maken, werden verschillende relatieve poriënvolumina verkregen. Daar door samendrukken of losmaken ook de gemiddelde poriënwijdte gewijzigd wordt, betekende een verschil in poriënvolume dus ook een verschil in poriënwijdte.

Met de ringen met grond werd de activiteit van stengelaaltjes bij verschillende relatieve poriënvolumina bepaald volgens de trechtermethode, met de buizen met grond, die volgens de buizenmethode. De resultaten zijn te vinden in tabel 16.

TABEL 16. Activiteit van stengelaaltjes in grond bij verschillende poriënvolumina
*Activity of stem eelworms in soils at various pore volume percentages*

*a.* Volgens trechtermethode bij 20 °C. *After funnel method at* 20 °C.

| Poriënvolume | 70 % | 65 % | 60 % | 55 % | 50 % | 40 % | 35 % | 30 % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grondsoort: | | | | | | | | |
| Klei | 20 | 12 | | 4 | | | | |
| Klei gesteriliseerd | 38 | 41 | 42 | | 28 | | | |
| Leemhoudende zandgrond | | | 43 | | 52 | 26 | 24 | 11 |
| Bladaarde gesteriliseerd | | | 74 | | 76 | 45 | 39 | |

*b.* Volgens buizenmethode. *After tube method.*

| Poriënvolume | 70 % | 60 % | 50 % | 40 % | 30 % |
|---|---|---|---|---|---|
| Grondsoort: | | | | | |
| Klei | 41 | 49 | | 3 | |
| Humeuze zandgrond | | 33 | 49 | | 1 |
| Leemhoudende zandgrond | | 20 | 25 | | 0 |

Hieruit blijkt, dat vastdrukken van de grond een vermindering van de activiteit van de aaltjes kan geven. Deze is echter in de regel alleen belangrijk bij zeer

geringe poriënvolumina. Bij grote poriënvolumina, die ook optimaal zijn voor de plantengroei, is de activiteit van de aaltjes groot.

### *c. De poriënwijdte*

Verschillende poriënwijdten bij een steeds gelijk relatief poriënvolume worden verkregen door gelijkmatig poreus materiaal te verdelen in korrels van verschillende diameters en deze daarna te scheiden in fracties met korrels, waarvan de doorsneden onderling weinig verschillen. Zijn de stapeling en de vorm van de korrels in de verschillende fracties gelijk, dan is de verhouding tussen het volume, dat door de korrels ingenomen wordt en de daartussen liggende holten steeds dezelfde. Daar ook het volume van de poriën in de korrels steeds hetzelfde percentage van het totale volume van de korrels is, is dus ook het totale poriënvolume in alle fracties hetzelfde percentage van het totale volume, dat door het materiaal ingenomen wordt, mits de stapeling bij alle fracties dezelfde is. In de verschillende fracties bestaat het poriënvolume nu uit twee gedeelten, die steeds dezelfde verhouding hebben. In het ene deel, het poriënvolume in de korrels, is de gemiddelde diameter der holten steeds dezelfde; in het andere deel is deze recht evenredig met de doorsnede der deeltjes.

Met twee soorten materiaal werd getracht gelijke poriënvolumina met verschillende poriëndiameters te combineren: fijn gemaakt aardewerk (potscherven) en grond (leemhoudende zandgrond). Het eerste materiaal werd gekozen omdat het verhit en uitgespoeld kan worden, zonder dat het uit elkaar valt, zoals grond doet. Hiermee kon dus zo zuiver mogelijk alleen de poriënwijdte zonder nevenfactoren onderzocht worden. Zowel de grond als het steengruis werden in verschillende fracties verdeeld door ze te zeven. De activiteit van stengelaaltjes in deze verschillende fracties werd bepaald volgens de trechter- en de buizenmethode en door bepaling van het percentage zieke planten bij potproeven. De resultaten zijn te vinden in tabel 17.

Hieruit blijkt, dat in de regel alleen in de fijnste fracties een belangrijke vermindering van de activiteit van de stengelaaltjes valt waar te nemen. De fractie $< 0{,}25$ mm in tabel 17*c* bevatte veel materiaal $< 0{,}1$ mm en kwam daardoor wat poriënwijdte betreft meer overeen met de fractie $< 0{,}1$ mm.

Gering poriënvolume en geringe poriëndiameter kunnen bij leemhoudende zandgronden voorkomen als ze door regen dichtslaan. Het is echter om verschillende redenen ongewenst te trachten de activiteit van de aaltjes te remmen door de grond vast te drukken. In de eerste plaats is een dichte grond ongunstig voor de groei van de planten en in de tweede plaats wordt de waterafvoer sterk belemmerd. Daar een hoog vochtgehalte van de grond gunstig is voor stengelaaltjes is er een grote kans, dat hun activiteit door het vastdrukken van de grond niet verminderd maar juist indirect vergroot wordt. Op deze wijze kan ook verklaard worden, waarom op sommige percelen de aantasting in de voetstappen van paarden erger is dan op de niet vastgetrapte grond.

### *d. De temperatuur*

Uit tabel 5 (blz. 320) blijkt, dat bij de trechtermethode de temperatuur een grote invloed heeft op de activiteit van stengelaaltjes in de grond. Hoe lager de temperatuur is des te groter is de activiteit. Controles vertoonden echter tussen

TABEL 17. Activiteit van stengelaaltjes bij verschillende poriëndiameters
*Activity of stem eelworms at various pore diameters*

*a.* Volgens trechtermethode. *After funnel method.*

| Fracties . . . | 2–1 mm | 1–0,5 mm | 0,5–0,25 mm | 0,25–0,1 mm | 0,1–0,05 mm |
|---|---|---|---|---|---|
| Steengruis . . | 75 | 100 | 100 | 63 | 23 |
| Zandgrond . . | 94 | 64 | 34 | 46 | 32 |
| Zandgrond gesteriliseerd | 100 | 100 | 100 | 45 | |

*b.* Volgens buizenmethode. *After tube method.*
Proefplanten rode klaver. Omgerekend op 100 = 100.

| Fracties . . . | 2–1 mm | 1–0,5 mm | 0,5–0,25 mm | 0,25–0,1 mm | 0,1–0,05 mm | < 0,05 mm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Steengruis . . | ±100 | ±100 | 50 | 54 | 8 | 2 |
| Zandgrond . | ±100 | ±100 | 72 | 62 | 12 | 19 |

*c.* Percentage zieke planten (rogge). *Percentage of attacked plants (rye).*

| Fracties | 2–1 mm | 1–0,5 mm | 0,5–0,25 mm | < 0,25 mm |
|---|---|---|---|---|
| Zandgrond . . . . . | 100 | 100 | 100 | 0 |
| Zandgrond . . . . . | | 42 | 50 | 0 |

5 °C en 20 °C geen invloed van de temperatuur. Dit wijst er op, dat deze geen directe invloed uitoefent op de aaltjes, maar dat in de grond een of meer factoren aanwezig moeten zijn, welker ongunstige invloed op de activiteit van de aaltjes toeneemt bij stijging van de temperatuur.

Ook door middel van de buizenmethode werd getracht de invloed van de temperatuur na te gaan. Een moeilijkheid bleek hierbij te zijn, dat de kiemplanten bij lage temperatuur zeer langzaam groeiden en het binnendringen van de aaltjes blijkbaar langzamer verliep dan bij hoge temperatuur. Bij 20 °C trad daarentegen na aantasting van de planten vaak zoveel secundair rot op, dat er aan het eind van de proef veel minder aaltjes in geteld werden dan er oorspronkelijk in binnengedrongen waren.

De invloed van de temperatuur op de activiteit van de stengelaaltjes in de grond kon dus met de buizenmethode niet bepaald worden door een directe vergelijking van de aantallen aaltjes, die bij verschillende temperaturen na een bepaalde tijd in de planten binnengedrongen waren. Door nu bij alle te onderzoeken temperaturen naast de buizen met grond buizen met glaszand te plaatsen kon, evenals altijd bij de proeven bij 10 °C gedaan werd, steeds de activiteit van de aaltjes berekend worden ten opzichte van een contrôle, die bij dezelfde temperatuur gestaan had als de buizen met grond. Bij de aldus gevonden cijfers was dus de invloed van de temperatuur op de ontwikkeling van de planten en het binnendringen van de aaltjes geëlimineerd en er kwam dus slechts de invloed van in de grond aanwezige factoren op de activiteit van de aaltjes in tot uiting. Op deze wijze zijn de in tabel 18 vermelde cijfers verkregen.

Voor de activiteit van de stengelaaltjes in de grond ongunstige factoren had-

TABEL 18. De invloed van de temperatuur op de activiteit van stengelaaltjes in de grond volgens de buizenmethode
*Effect of temperature on the activity of stem eelworms in soil after the tube method*

| | 5 °C (36 = 100) | 10 °C (70 = 100) |
|---|---|---|
| Humeuze zandgrond | 31 | 19 |
| Idem gestoomd | 100 | 41 |
| Klei | 47 | 29 |
| Idem gestoomd | 76 | 60 |

den dus ook volgens de buizenmethode bij 10 °C een grotere invloed dan bij 5 °C. Bij gelijke proefduur drongen echter bij de contrôles bij 10 °C twee maal zoveel aaltjes de planten binnen als bij 5 °C. Als nu aangenomen wordt, dat bij een verdere stijging van de temperatuur het aantal aaltjes, dat bij de contrôles de planten binnendringt, niet daalt, kan uit de cijfers in tabel 8 (blz. 320) afgeleid worden, dat de activiteit van de aaltjes in de grond bij 20 °C kleiner is dan bij 10 °C.

Door de invloed, die de temperatuur blijkt uit te oefenen op de activiteit van de aaltjes in de grond, komen dus in het voorgaande nog niet behandelde factoren aan het licht, die waarschijnlijk nauw samenhangen met de microflora en -fauna van de grond.

### *e. Partiële sterilisatie van de grond*

Reeds enige malen werd in het voorgaande de aantasting van planten of de activiteit van stengelaaltjes in niet en wel partiëel gesteriliseerde grond aangehaald (tabellen 4 en 11). Hieruit kan afgeleid worden, dat in partieel gesteriliseerde grond de omstandigheden voor de aaltjes in de regel gunstiger zijn dan in niet gesteriliseerde. In alle gevallen, die in deze tabellen vermeld werden, was de grond verhit geweest.

In tabel 19 zijn nog een aantal resultaten samengebracht van trechter-, buizen- en potproeven, met gronden in natuurlijke en partieel gesteriliseerde toestand. De laatste waren steeds minstens 10 min. tot 100 °C verhit geweest. De

TABEL 19. Activiteit van stengelaaltjes in onbehandelde en partieel gesteriliseerde gronden
*Activity of stem eelworms in untreated and partially sterilized soils*

| | | Activiteit volgens | | % zieke planten |
|---|---|---|---|---|
| | | trechtermethode | buizenmethode | |
| Klei | onbehandeld | 61 | 67, 47 | |
| | gesteriliseerd | 72 | 92, 76 | |
| Zandgrond Ottersum | onbehandeld | 16 | 39 | |
| | gesteriliseerd | 100 | 100 | |
| Bladaarde | onbehandeld | 8 | | 24 |
| | gesteriliseerd | 80 | | 67 |
| Zandgrond Didam | onbehandeld | | | 28 |
| | gesteriliseerd | | | 90 |
| Humeuze zandgrond | onbehandeld | 5 | 19, 31 | |
| | gesteriliseerd | 100 | 41, 100 | |

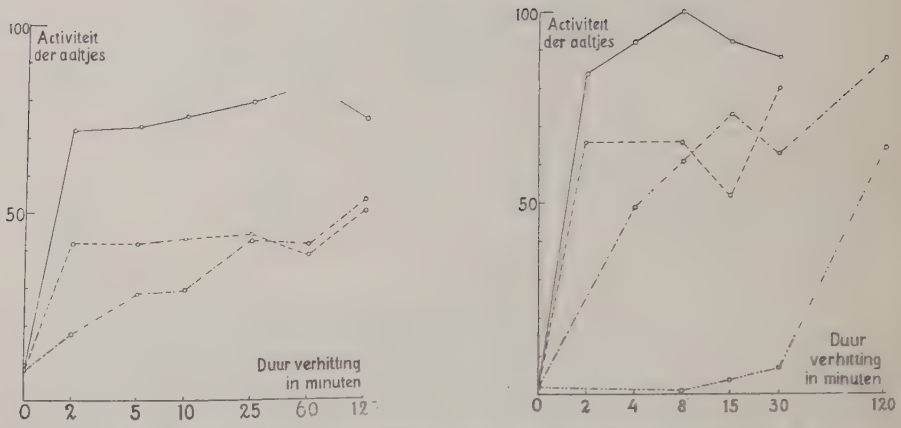


Fig. 12. Invloed van partiële sterilisatie van de grond door verhitting op de activiteit van na deze behandeling ingebrachte stengelaaltjes volgens trechtermethode.
*Effect of partial sterilisation of the soil by heat on the activity of stem eelworms added after this treatment the after funnel method.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | o——o | 100 °C |
| Links | Bladaarde. Bepaling bij 20 °C. | o - - - - o | 80 °C |
| *Left* | *Pot soil. Determination at* 20 °C. | o-.-.-.-o | 60 °C |
| Rechts | Humeuze zandgrond. Bepaling bij 5 °C. | o-..-..-o | 50 °C |
| *Right* | *Sandy soil with fairly high humus content. Determinination at* 5 °C. | | |

naast elkaar geplaatste cijfers zijn niet altijd afkomstig van gelijktijdige bepalingen en dus ook niet direct vergelijkbaar. Daarentegen zijn de proeven met dezelfde grond in ongesteriliseerde en gesteriliseerde toestand wel gelijktijdig op dezelfde wijze en met hetzelfde aaltjesmateriaal gedaan.

Partiële sterilisatie door verhitting tot 100 °C blijkt dus volgens alle toegepaste bepalingsmethoden de grond gunstiger te maken voor de activiteit van stengelaaltjes. Met behulp van de trechtermethode werd nagegaan hoe lang en bij welke temperatuur bladaarde en humeuze zandgrond gesteriliseerd moeten worden om belemmeringen voor de activiteit van stengelaaltjes weg te nemen. Beide gronden werden in cultuurbuizen van 1 cm wijdte gedurende verschillende tijden in waterbaden op verschillende temperaturen gehouden. In de cultuurbuizen was in 2 min. de grond ook in het midden op de temperatuur van het waterbad gekomen. De resultaten zijn te vinden in fig. 12. Alle hierin vermelde tijden zijn gerekend vanaf het ogenblik, dat de buizen met grond in het waterbad werden geplaatst.

De oorzaken van de geringe activiteit van stengelaaltjes in de voor deze proeven gebruikte bladaarde en humeuze zandgrond zijn dus weinig bestendig tegen hogere temperaturen. Een zeer korte behandeling met 100 °C is reeds voldoende om ze vrijwel geheel onwerkzaam te maken en zelfs het houden van de grond op 50 °C gedurende een paar uur heeft hetzelfde gevolg. Ook de invloed van andere sterilisatiemiddelen dan warmte werd nagegaan. Bladaarde werd bevochtigd met sublimaat 2 $^0/_{00}$ en Ceresan natontsmetter. Nadat deze stoffen enige uren hadden ingewerkt werden ze uit de grond verwijderd, door deze uit te spoelen, eerst met een Ca $(NO_3)_2$-oplossing om eventueel geadsorbeerde $Hg^{++}$-ionen te verdrijven en daarna met water. Ter contrôle werd een monster grond alleen met $Ca(NO_3)_2$ en water behandeld. Humeuze zandgrond werd gedurende 15 min. met $Hg\,Cl_2$ behandeld. Daarna werd weer gespoeld met $Ca(NO_3)_2$-oplossing en water. Door

de grond op een Buchnertrechter af te zuigen werd ze zo droog, dat ze direct verder bewerkt kon worden. Met de trechtermethode werd de activiteit van stengelaaltjes in de verschillende grondmonsters bepaald. De resultaten zijn te vinden in tabel 20.

TABEL 20. Activiteit volgens de trechtermethode van stengelaaltjes in met $HgCl_2$ en Ceresan behandelde gronden
*Activity after funnel method of stem eelworms in soils treated with $HgCl_2$ and Ceresan*

| | Onbehandeld | $Ca(NO_3)_2$, water | $HgCl_2$ | Ceresan |
|---|---|---|---|---|
| Bladaarde . . . . | 5 | 3 | 70 | 87 |
| Humeuze zandgrond | | 13 | 76 | |

Ook met gasvormige sterilisatiemiddelen werd humeuze zandgrond behandeld. Dit maakte eveneens de grond gunstiger voor stengelaaltjes. Volgens de trechtermethode was de activiteit in met $CS_2$ en chloroform behandelde grond 71 en in met aether behandelde 72 tegen 14 in de onbehandelde. Een behandeling met sublimaat 2 $^0/_{00}$ gedurende 25 minuten wordt door stengelaaltjes goed verdragen. Een grond, waarin hun activiteit gering is, kan hiermee dus behandeld worden zonder dat eventueel reeds erin aanwezige stengelaaltjes gedood worden. Hiervan werd gebruik gemaakt om te onderzoeken of het mogelijk was in de grond inactief geworden aaltjes hierin weer actief te doen worden door partiële sterilisatie. Van humeuze zandgrond, werd 1 week, nadat er 25 aaltjes per gram ingebracht waren, een deel gedurende 25 minuten behandeld met sublimaat 2 $^0/_{00}$ en daarna gespoeld met $Ca(NO_3)_2$-oplossing en water, een ander deel alleen met $Ca(NO_3)_2$-oplossing en water. Zowel van de met $HgCl_2$ behandelde als de niet ontsmette grond werd een gedeelte in cylinders op trechters geplaatst. Uit de eerste kwamen 151 aaltjes per 10 gram of 60 % van het ingebrachte aantal te voorschijn tegen 2 per 10 gram of 1 % uit de laatste. Op dezelfde wijze werd een kleigrond behandeld, die $\pm$ 100 stengelaaltjes per 10 gram bevatte. De behandeling werd drie weken na het inbrengen van de aaltjes uitgevoerd. Uit de onbehandelde grond kwam 1 % der ingebrachte aaltjes te voorschijn, uit de behandelde 49 %.

Het is dus mogelijk in de grond inactief geworden stengelaaltjes weer hun beweeglijkheid terug te geven door de belemmerende factoren weg te nemen. Ze worden dus niet gedood in de grond maar geraken min of meer in lethargie. Lethargie in een vochtig milieu komt bij stengelaaltjes vaak voor. Ritzema Bos (12) vond reeds, dat ze zich vrij spoedig strekten en geheel bewegingloos werden in water, wanneer daarin min of meer rottende stoffen (vlees, zetmeel) gebracht werden. Werden de gestrekte aaltjes in schoon water gebracht dan kwamen ze weer in beweging. Ook bij de behandeling van de methoden ter afscheiding van stengelaaltjes uit plantendelen kwam dit verschijnsel ter sprake. Hier bleek schoon water en veel lucht de aaltjes levendig te houden. Dit was aanleiding om twee dingen te onderzoeken:

1e het gedrag van aaltjes in schoon water bij verschillende zuurstof- en koolzuurconcentraties en
2e de invloed op stengelaaltjes van extracten uit gronden, die hun activiteit remmen.

### *f. Verschillende zuurstof- en koolzuurconcentraties*

Met behulp van de in fig. 13 afgebeelde proefopstelling werden stengelaaltjes in aanraking gebracht met verschillende concentraties koolzuur en zuurstof. De aaltjes werden in een kleine hoeveelheid water in de glazen bol A gebracht, waarin ze met een binoculaire loupe voortdurend waargenomen konden worden. De glazen bol was met een steel, waarin een uitgetrokken stuk voorkwam, verbonden aan een kruisstuk. Aan het been B hiervan was een fles met stikstof of koolzuur, al naar de proef, verbonden; aan het been C de luchtpomp, aan D een manometer. Door het been C kon eveneens lucht toegelaten worden. Om nu het gewenste gasmengsel in bol A te krijgen werd het gehele apparaat leeggepompt. Daarna werd via B de gewenste hoeveelheid stikstof of koolzuur toegelaten en tenslotte door C lucht tot de druk in het apparaat weer gelijk was aan die van de buitenlucht. Zo snel mogelijk daarna werd de bol A met de aaltjes dan bij het uitgetrokken deel van de steel dichtgesmolten, waarna een volgende bol aan het apparaat gezet kon worden.

Stengelaaltjes werden op deze wijze twee dagen aan verschillende $CO_2$-concentraties blootgesteld. Hierbij bleek, dat bij vervanging van lucht door koolzuur minder dan 20 volumeprocenten $CO_2$ geen invloed op de aaltjes uitoefende. Vanaf 30 % $CO_2$ werden ze duidelijk minder beweeglijk, bij 45 % $CO_2$ was na 2 dagen 90 % der aaltjes gestrekt en bij 50 % waren ze na 2 dagen alle gestrekt. Na blootstelling van de vloeistof met stengelaaltjes aan gewone lucht kwamen deze weer in beweging, ook die, welke 2 dagen aan 100 % $CO_2$ blootgesteld waren geweest. Stengelaaltjes ondervinden dus pas de schadelijke invloed van $CO_2$ bij een hoge concentratie van dit gas. In de bouwvoor komen deze concentraties niet voor. Russell (13) geeft als hoogste concentratie op 3,3 % terwijl meer dan 1 % $CO_2$ al zelden gevonden wordt. Al zijn de gevonden cijfers niet direct toepasbaar op natuurlijke omstandigheden, daar in de natuur $CO_2$ in de plaats van zuurstof komt en niet in de plaats van zuurstof en stikstof, zoals bij de gedane proeven, toch kan wel geconcludeerd worden, dat $CO_2$ alleen niet verantwoordelijk kan zijn voor de verschillen in activiteit van de aaltjes in verschillende gronden.

Ook de reactie van stengelaaltjes op verschillende zuurstofconcentraties werd onderzocht. Hierbij bleek, dat wanneer alle zuurstof weggenomen werd, de aaltjes zich na enige tijd strekten zowel in vacuum als in zuivere stikstof. Bij 0,5 % zuurstof werd echter al geen vermindering van de beweeglijkheid der aaltjes meer

Fig. 13. Apparaat voor het bepalen van de invloed van verschillende $CO_2$ en $O_2$concentraties op stengelaaltjes.
*Apparatus for the determination of the effect of various $CO_2$ and $O_2$ concentrations on stem eelworms.*
A. Bol met aaltjes in water.
*Bulb with eelworms in water.*
B. Naar fles met $CO_2$ of $N_2$.
*To flask with $CO_2$ or $N_2$.*
C. Naar luchtpomp en luchttoevoer.
*To airpump and air supply.*
D. Naar manometer.
*To manometer.*

waargenomen, ook niet nadat deze 24 uur aan deze concentratie waren blootgesteld geweest.

Ook de zuurstofconcentratie alleen kan dus niet de oorzaak zijn van de vermindering van de activiteit van de aaltjes in sommige gronden. Dat deze kan worden veroorzaakt door bepaalde stoffen bleek uit het onderzoek met grondextracten.

*g. Grondextracten*

Van enkele gronden, waarvan bekend was, dat ze de activiteit van stengelaaltjes sterk remden werden extracten gemaakt door ze in vochtige toestand, waarin ze minstens 24 uur geweest waren, op een Buchnertrechter te brengen en af te zuigen met ongeveer 1 atmosfeer onderdruk. Doordat geen of weinig water aan de grond werd toegevoegd, werden extracten verkregen, die zo rijk mogelijk waren aan de stoffen, die in het bodemvocht opgelost waren. Door centrifugeren werden ze gezuiverd, waarna ze gedeeltelijk in vacuum werden ingedampt bij een temperatuur van 30 à 40 °C tot $^1/_2$ à $^1/_{15}$ van het oorspronkelijke volume. De neerslagen, die hierbij ontstonden werden weer door centrifugeren verwijderd. In de eerste plaats werd gewerkt met een grond, die voor een groot gedeelte bestond uit excrementen van regenwormen. Deze regenwormen waren gekweekt in geel zand + grasmeel. Volgens de trechtermethode vertoonden de stengelaaltjes hierin een activiteit van 3 % (enige maanden eerder 0 %). Het extract uit 200 g grond werd ingedampt van 200 cm³ tot 15 cm³. Van 10 cylinders van 10 cm³ gevuld met leemhoudende zandgrond, korrelgrootte $^1/_4$–$^1/_{10}$ mm, werden er 5 bevochtigd met 3 cm³ van dit extract en 5 onbehandeld gelaten. Op deze grond werden aaltjes gebracht, waarna de trechterproef gedaan werd. In de cylinders zonder extract was de activiteit van de aaltjes 46, in die met extract 0. Tegelijkertijd werden aaltjes, gebracht in enkele cm³ extract, vergeleken met die in schoon water. Het bleek, dat de aaltjes in het extract na enkele minuten volkomen stil lagen, terwijl die in het water hun normale beweeglijkheid behielden. In het extract uit de wormenexcrementen waren dus stoffen aanwezig, die in korte tijd stengelaaltjes in lethargie deden overgaan en deze kunnen de zeer geringe activiteit volgens de trechtermethode volkomen verklaren. Deze grond met wormenexcrementen kan echter niet normaal genoemd worden. Belangrijker waren daarom de resultaten verkregen met extracten uit een vochtige humeuze zandgrond en bladaarde compost, waarin de activiteit der aaltjes volgens de trechtermethode 2–5 % was. Ter beproeving van hun werking werden ze gebracht in zandgrond, klei en aardewerkgruis, waarin de activiteit van stengelaaltjes zonder toevoeging van extract vrij hoog was. De activiteit der aaltjes werd beproefd volgens de trechtermethode. De resultaten zijn vermeld in tabel 21.

Hieruit blijkt, dat met grondextract de eigenschap om de activiteit van stengelaaltjes te verminderen overgebracht kan worden op materiaal, waarin zonder dit extract de aaltjes een grote activiteit vertonen. Evenals in de grond wordt ook in het extract deze werking door verhitting tot 100 °C gedurende 10 minuten grotendeels opgeheven. Verhitting tot 65 °C gedurende 10 minuten heeft daarentegen geen invloed.

De werking van het extract in de grond en het aardewerkgruis is minder naarmate de korrels groter zijn. Dit werkt misschien mee aan het verschijnsel, dat kleigronden in de regel gunstiger zijn voor stengelaaltjes dan zandgrond. Bij klei is de gemiddelde kruimeldoorsnede veel groter dan bij de zandgronden. Om

TABEL 21. De invloed van toevoeging van extracten uit gronden, waarin de activiteit van stengelaaltjes gering is, op hun activiteit in zandgrond, kleigrond en aardewerkgruis volgens de trechtermethode

*The effect of adding extracts from soils, in which the activity of stem eelworms is low, on their activity in sandy soil, loam soil and earthenware grit, after the funnel method*

| Materiaal | Deeltjesgrootte | Geen extract | Extract uit: humeuze zandgrond: 1,5 cm³ | humeuze zandgrond: 3 cm³ | humeuze zandgrond: 6 cm³ | humeuze zandgrond: 3 cm³ verh. tot 65° C | humeuze zandgrond: 3 cm³ verh. tot 100° C | bladaarde: 3 cm³ | bladaarde: 3 cm³ verh. tot 100° C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zandgrond | 0,25–0,1 mm | 32 | | 8 | | 12 | | | |
| | 0,5 –0,25 mm | 36 | | 21 | | | | | |
| | 1 –0,5 mm | 56 | | 47 | | | | | |
| Kleigrond | | 58 | | | 11 | | | | |
| | | | 45 | 39 | 6 | | | | |
| | | 24 | | 16 | 8 | | 31 | | |
| Aardewerkgruis | 0,25–0,1 mm | 63 | | 8 | | 4 | | | |
| | 0,5 –0,25 mm | 100 | | 55 | | | | | |
| | 0,5 –0,1 mm | 84 | | 4 | | | | 6 | |
| | | 70 | | 17 | | | | 20 | |
| | | 40 | | 11 | | | 33 | 10 | 33 |

eenzelfde remming van de activiteit van stengelaaltjes te krijgen zullen dus in klei meer van in dit opzicht werkzame stoffen aanwezig moeten zijn, dan in zandgronden.

Alle gegevens overziend, zouden nu de volgende conclusies getrokken kunnen worden:

De geringe activiteit van stengelaaltjes in bepaalde gronden ontstaat, voor zover niet droogte de oorzaak is, door stoffen, op welker aanwezigheid de aaltjes reageren met een vermindering van hun beweeglijkheid en bij sterke werking met lethargie. Deze stoffen zijn thermolabiel. De snelle veranderingen in geschiktheid van de grond wijzen er op, dat ook bij lage temperatuur deze stoffen in de grond gemakkelijk verdwijnen of afgebroken worden, terwijl ze daarna weer gemakkelijk gevormd kunnen worden. Er kan hierbij een nauw verband met de in de grond voorkomende micro-organismen verwacht worden.

## SLOTBESCHOUWING

Uit het voorgaande blijkt, dat de activiteit van stengelaaltjes in de grond door verschillende oorzaken verminderen kan, wat tot gevolg heeft, dat in sommige gevallen slechts een klein gedeelte der in de grond aanwezige aaltjes in staat blijkt te zijn een gewas aan te tasten. Het aantal, dat in de planten binnendringt kan zo klein zijn, dat er slechts geringe schade optreedt, terwijl er toch voldoende voor een hevige aantasting in de grond aanwezig zijn. Maatregelen, die een vermindering van de activiteit van stengelaaltjes in de grond tengevolge hebben, kunnen dus van betekenis zijn bij de bestrijding van deze parasiet. Een afdoende bestrijding wordt echter slechts verkregen, wanneer het aantal aaltjes, dat op een bepaalde oppervlakte grond aanwezig is, na tot een ongevaarlijk niveau gedaald te zijn, niet meer toeneemt of verder blijft afnemen. Wordt aan deze voorwaarde niet voldaan, dan zou de besmettingsgraad van de grond zo hoog kunnen oplopen, dat zelfs het, tengevolge van een geringe activiteit kleine, gedeelte der aanwezige aaltjes, dat in de planten kan binnendringen, nog een aantal omvat, dat groot genoeg is om ernstige schade te veroorzaken.

Het aantal aaltjes, dat na het verbouwen van een vatbaar gewas in de grond terecht komt, is voornamelijk afhankelijk van het aantal, dat in de planten kon binnendringen, en de tijd, die er tussen dit binnendringen en het afsterven van de aangetaste plant verloopt. Hoe minder aaltjes de planten kunnen bereiken en hoe later dit gebeurt, des te minder is de vermenigvuldiging vergeleken met het aantal aaltjes, dat oorspronkelijk in de grond aanwezig was, en des te lager dus het aantal, dat tenslotte weer in de grond terechtkomt. Een afdoende bestrijding is nu verkregen, wanneer dit laatste aantal na elk vatbaar gewas minder blijkt te zijn dan na het voorafgaande vatbare gewas.

Het aantal stengelaaltjes op een bepaald veld wordt bepaald door drie factoren: 1. de vermenigvuldiging in de planten, 2. de sterfte gedurende het verblijf van de aaltjes in de grond, 3. de activiteit van de aaltjes gedurende de groeitijd van een vatbaar gewas. Naast het voortzetten van het onderzoek naar de mogelijkheden, die de derde factor voor de bestrijding zou kunnen bieden, is het dus gewenst de quantitatieve betekenis van de eerste en de tweede te leren kennen, omdat hieruit afgeleid kan worden hoe groot de vermindering van de activiteit moet zijn om tot een afdoende bestrijding te komen. Tevens is een onderzoek over de sterfte der aaltjes in de grond gewenst, omdat in de vergroting hiervan nog een bestrijdingsmogelijkheid ligt. Alvorens met het een en ander begonnen kan worden, is het echter nodig een methode te ontwikkelen voor het bepalen van het aantal levende stengelaaltjes per volume-eenheid grond. Met behulp hiervan zou niet alleen de tweede factor volledig onderzocht kunnen worden, maar tevens het effect van alle drie tezamen en dus indirect ook de quantitatieve betekenis van de eerste.

## SAMENVATTING


1. Uit veldwaarnemingen kan afgeleid worden, dat de toestand van de grond van betekenis is voor het optreden van aantasting door stengelaaltjes.
2. Methoden voor het afscheiden van aaltjes uit aangetaste plantendelen en het bepalen van de activiteit van de aaltjes in de grond worden beschreven.
3. De activiteit van stengelaaltjes wordt beïnvloed door de toestand van de grond, waarin ze zich bevinden. In kleigrond is ze in het algemeen groter dan in zandgrond. In alle gronden kan ze in de loop van de tijd sterk veranderen.
4. De activiteit van de aaltjes in de grond neemt toe bij stijging van het vochtgehalte. Vochtgehalten lager dan het vochtequivalent zijn steeds relatief ongunstig voor hun activiteit.
5. Een grote activiteit van stengelaaltjes in de grond kan zowel bij een groot als bij een kleiner poriënvolume voorkomen. Hetzelfde geldt voor de gemiddelde poriëndiameter.
6. De activiteit van stengelaaltjes in de grond neemt af bij stijging van temperatuur.
7. Partiële sterilisatie door warmte, $HgCl_2$, chloroform, aether en $CS_2$ maakt de grond gunstiger voor stengelaaltjes.
8. De eigenschap van sommige gronden om de activiteit te verminderen, kan met extracten hieruit op andere gronden overgebracht worden. Deze extracten verliezen hun werking na verhitting tot 100 °C.
9. Om te kunnen beoordelen of het mogelijk is een afdoende bestrijding van het stengelaaltje te verkrijgen door gebruik te maken van de mogelijkheden, die ongunstige invloeden van de grond op dit aaltje bieden, is het nodig de grootte van de vermenigvuldiging in de planten en de sterfte in de grond te kennen.

SUMMARY

## SOIL CONDITIONS AND STEM EELWORM DISEASE

### INTRODUCTION

Interest in the relation between soil conditions and stem eelworm disease was aroused by the somewhat sensational claim made by CLEVERINGA (2, 3), that eelworm and other diseases could be controlled by bringing the soil into a good condition mainly by applying organic manure. This interest received support from the results of an inquiry which indicated that soil conditions really could affect the extent of the damage done by stem eelworms.

### FIELD OBSERVATIONS

Stem eelworms can spread actively through the soil and from plant to plant and may be dispersed by means of infested plants, soil and manure. In red clover fields active spread through the moist, dense vegetation seems to occur. Eelworm-infested patches in rye on sandy soils are mostly elongated in the direction of ploughing and harrowing. Active spread of the eelworms seems to be inhibited to a certain degree. However, passive spread by the action of farm implements takes place or there are more opportunities for active spread in the direction of ploughing than in other directions. Patches in onions on loam or clay soil are mostly roundish or irregular. Here active spread predominates. Some soils seem to be more liable to become heavily infested than others. Infestation of plants during spring and summer is found more frequently on loam and clay soils than on sandy soils. The extent of the damage done by stem eelworms seems to depend more or less on weather conditions. Cold, wet weather seems to promote it by creating conditions in the soil favourable to infestation.

### FIELD AND POT EXPERIMENTS

Application of town compost (100.000 kg/ha) to the top of a seedbed controlled stem eelworm disease in rye to a high degree on sandy soil at Ottersum, Limburg (table 1) but did not affect an attack on onions grown on loam soil at Ouddorp (Goeree). Application of farmyard manure and green manuring did not affect the attack in rye on three trial fields. Loosening the subsoil had a beneficial effect in one year on one of the three trial fields only (table 2). Mangolds proved to be a more favourable previous crop than potatoes (table 3).

The effect of a previous crop on attack by stem eelworms does not depend on its susceptibility alone. In a number of pot experiments the degree of attack on plants by stem eelworm depended on the soil and its treatment (table 4).

### HOW CAN THE SOIL AFFECT STEM EELWORM ATTACK ON PLANTS ?

Theoretically the soil may affect stem eelworm disease by its influence on: (1) the death of stem eelworms in soil; (2) the activity of the eelworms in the soil; (3) the predisposition of the plants to attack and the development of symptoms.

## METHODS

Experiments were carried out with stem eelworms from rye, red clover and potatoes. Apparatus for the extraction of large numbers of eelworms from infested plants was constructed (figs. 2, 3, 4 en 5). In the first and best type the material is sprayed with a mist of water which is collected in a tray. The eelworms settle on the bottom of the tray and the excess of water flows over the edge. In the second type (fig. 5) which can be used when no water under sufficient pressure or spray nozzles are available, the material is placed in the sieve F in water as in the Baermann funnel method, but a constant flow of fresh water through the apparatus is maintained. The nematodes settle at the bottom of the tube B. After cleaning (fig. 6), the eelworms are stored in a solution of Ceresan or Aretan or at a low temperature, or they are dried.

Methods for the collection of eelworms from soil (funnel method, COBB (4) ) as well as the counting method of STÖCKLI (17) proved unsuitable for the rapid determination of stem eelworms in soil samples. The death rate of stem eelworms in soil could not be investigated. The activity of stem eelworms in soils was determined by the funnel method (fig. 7) and the tube method (fig. 9). In both cases the numbers indicating activity are the ratio between the numbers of eelworms that passed through a column of the soil under investigation and the number that passed through a thin layer of silver sand or cotton wool. Equal volumes of eelworm suspension were put on the soil columns or in the tubes by means of the instrument shown in fig. 8 .The most favourable duration for the funnel method is three days and the tube method about twelve days; the optimum temperatures being 5 °C and 10 °C respectively. The height of the soil columns was 2 cm in the funnel method and 3 4 cm in the tube method. Activity determined by these methods proved to be very different in various soils. The relation of activity determined by both methods is shown in table 10, from which it may be concluded that in both methods the same influences of the soil on the attack of plants by stem eelworms are revealed, i.e. those affecting the activity of the eelworms in soils.

## HOW DOES THE SOIL AFFECT STEM EELWORM INFESTATION OF PLANTS?

Owing to lack of suitable methods, the effect of the soil on the death rate of stem eelworms had to be left out of consideration. From tables 5, 6, 9, 10 and 11 the influence of the soil on the activity of stem eelworms is evident. The predisposition of red clover plants to attack by stem eelworms and development of symptoms was not affected by seven different or differently treated soils.

## ACTIVITY OF STEM EELWORMS IN A NUMBER OF SOILS AT VARIOUS DATES

Activity of stem eelworms determined by the funnel method was higher than 20 % in 67 % of all investigated samples from clay and loam soils and in 29 % of all samples from sandy soils. This is in accordance with the conclusion, drawn from field observations (Ch. 1.) that, in general, the activity of stem eelworms is greater in clay soils than in sandy soils. In the same soil the activity may change from high to low or in the opposite direction even in a short time (tables 14, 15 and 16 and fig. 10)

## THE EFFECT OF A NUMBER OF FACTORS ON STEM EELWORMS IN THE SOIL

In fig. 11 the importance of the moisture content of the soil on the activity of stem eelworms is shown. High moisture content is favourable to infection. The moisture equivalent seems to be the critical factor. It is obvious from this that good drainage of the soil may be of great importance in the control of stem eelworm disease. Pore volume and pore diameter are of hardly any practical importance.

At high temperatures the eelworms are less active in the soil than at low temperatures (tables 5 and 19). As the eelworms themselves are not affected by temperature in this way, a factor must be present in the soil whose unfavourable effect increases with increase of temperature. Factors in moist soil unfavourable to the activity of stem eelworms may be eliminated by partial sterilisation by heat (table 19, fig. 12), mercuric chloride solution, organic mercury compounds such as Ceresan (table 20), and the vapour of chloroform, ether and carbon bisulphide. Inactive stem eelworms in soil can be revived by treating the soil with $2\,^0/_{00}$ mercuric chloride solution for $\frac{1}{4}$ hour. Stem eelworms become inactive when more than 30 per cent of the air over the suspension is replaced by carbon dioxide or nearly all the oxygen is replaced by nitrogen. Soils favourable to stem eelworm activity can be made unfavourable by the addition to them of extracts from soils in which stem eelworms showed low activity (table 21). The extracts lose this property when they are heated to 100 °C.

## FINAL CONSIDERATIONS

Increasing the property of soils to render stem eelworms inactive may be of importance for the control of this parasite. However, before carrying out investigation in this direction it is essential to obtain an idea as to the degree of inactivity which is required for complete control. This depends on two other factors: (1) the degree of multiplication of the eelworms in their plant hosts and (2) their death rate in the soil. Information concerning these two factors might be obtained by counting the number of eelworms per unit volume of soil at regular intervals. A method for such work has still to be developed.

## GERAADPLEEGDE LITERATUUR


1. Beekom, C. W. C. van, Enkele opmerkingen naar aanleiding van een onder de uientelers gehouden enquete betreffende het optreden van kroefziekte (Tylenchus dipsaci Kühn). T. o. Pl.ziekten *46:* 205–207, 1940.

2. Cleveringa, Ir O. J., Het voorkomen en genezen van reup of aaltjesziekte in rogge. 1937.

3. ———, De betekenis van de structuur (werkzaamheid) van den bouwgrond in verband met het optreden van plantenziekten en beschadigingen. Landbouwk. T. *50:* 18–60, 1938.

4. Cobb, N. A., Estimating the nema population of soil. Agr. Technology Circ. 1, U.S. Dept. Agr. Bur. Plant Industry, 1918.

5. Dewez, Ir W. J., Het optreden van het stengelaaltje (Tylenchus dipsaci) in Limburg. T.o. Pl.ziekten *46:* 194–204, 1940.

6. Goodey, T., New hosts of Anguillulina dipsaci (Kühn 1858) Gerv. et v. Ben. 1859 with some notes and observations on the biology of the parasite. J. Helminthology *9:* 191–196, 1931.

7. ———, Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Min. Agr. and Fisheries, Techn. Bull. 2, 1949.

8. Lloyd, A. J., Technique for the study of clover stem eelworm, Anguillulina dipsaci (Kühn). Ann. Rep. Agr. and Hort. Res. St. Long Ashton, 1945, 155–156.

9. Linford, A. J., Yap, F. en Oliveira, J. M. Reduction of soil populations of the root knot nematode during decomposition of organic matter. Soil Science *45:* 127–140, 1938.

10. Nigon, V. en Ritter, M. Étude sur une maladie vermiculaire du tabac. Ann. Épiphyties XIII (N.S.) Serie Entomologique, Mémoire no. 3, 1947.

11. Oortwyn Botjes, J. en Ritzema Bos, J., Rapport over het proefveld in den Nieuwlandsen Polder ter opsporing van bestrijdingsmiddelen tegen het stengelaaltje. T. o. Pl.ziekten 10: 115-124, 1904 en 11: 149-162, 1905.

12. Ritzema Bos, J. L'Anguillule de la Tige (Tylenchus devastatrix Kühn) et les maladies des plantes dues à ce nematode. Archives du Musée Teyler, Ser. II, T. 3, : 161–348 en 545–588, 1888–1892.

13. Russell, Sir J. Soil conditions and plant growth. The Rothampsted Monographs on Agricultural Science 1932.

14. Seinhorst, J. W., Een laboratoriummethode voor de bepaling van de vatbaarheid van rogge voor aantasting door het stengelaaltje (Ditylenchus dipsaci (Kühn) Filipjev). T. o. Pl.ziekten *52:* 39–52, 1945.

15. Slogteren, E. van. De nematodenbestrijding in de bloembollenstreek. III Bestrijding der ziekte. Tijdschr. o. Pl.ziekten *24:* 161–171, 1920.

16. Spieckermann, H. Die Bekämpfung der Stockkrankheit des Roggens mit besonderer Berücksichtigung der Westfälischen Verhältnisse. Landw. Jahrb. *40:* 475–515, 1911.

17. Stöckli, A. Ueber Methoden zur quantitaitven Bestimmung der im Boden freilebenden Nematoden. Ber. der Schweiz. Bot. Ges. *53 A:* 160- 1943.

18. Thorne, G. Methods of clearing screen residues in separating nematodes from soil. Proc. Helm. Soc. of Washington *7:* 53–54, 1940.

19. Verslag, Kort, over de proefvelden in Overijsel. Min. Landb., Visserij en Voedselvoorz. Directie van den Landbouw, 1946.

19 JUL 1978

**Mededelingen van het Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek**
**Contributions of the Institute for Phytopathological Research**

Binnenhaven 4*a*, Wageningen, Netherlands

No 1. TEN HOUTEN, J. G., Organisatie en taak van het Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek (Organization and purpose of the Institute for Phytopathological Research). Holl. tekst eveneens verschenen in Med. Dir. v. d. Tuinbouw, 13:5–7, 1950. Prijs f 0,25.

No 2. KOLE, A. P., Over de invloed van Fusarex op een aantasting door poederschurft (Spongospora subterranea (Wall.) Lagerheim). (On the influence of Fusarex on an infestation by powdery scab). Tijdschrift over Plantenziekten, 55:308–312, 1949. Prijs f 0.25.

No 3. VAN 'T SANT, L. E., Ervaringen met Azobenzeen tegen Spint (Tetranychus Urticae Koch) onder platglas in 1949 (The use of Azobenzene against the Glasshouse Red Spider (Tetranychus Urticae Koch) under frames, and the results in 1949). Mededelingen Directeur van de Tuinbouw, 13:169–171, 1950. Prijs f 0,25.

No 4. LEEFMANS, DR S., Onderzoekingen in zake de Pereringlarve (Pereringworm) (Agrilus Sinuatus Olivier) (Investigations on Agrilus Sinuatus (Olivier). Mededelingen Directeur van de Tuinbouw, 13:263–298, 1950. Prijs f 0.50.

No 5. MULDER, D., Magnesium deficiency in fruit trees on sandy soils and clay soils in Holland. Plant and soil, 2:145–157, 1950. Prijs f 0.50.

No 6. KLINKENBERG, MEJ. DR C. H., Wortel- en stengelziekten van aardbeien (Fungeous root- and stem diseases of strawberries). Mededelingen Directeur van de Tuinbouw, 13:758–765, 1950. Prijs 0.25.

No 7. MOOI, DR J. C., Het fusarium-rot of droogrot bij aardappelen (Fusarium-rot or dry rot of potatoes). Landbouwkundig Tijdschrift, 62:712–724, 1950. Prijs 0.35.

No 8. SEINHORST, DR IR J. W., De betekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aantasting door het stengelaaltje (Ditylenchus dipsaci (Kühn) Filipjev) with a summary: Soil conditions and stem eelworm disease. Tijdschrift over Plantenziekten, 56 : 289–348, 1950. Prijs f 2.50.